

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-092114

(43)Date of publication of application : 05.04.1994

(51)Int.Cl.

B60C 23/06

(21)Application number : 04-246848

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 16.09.1992

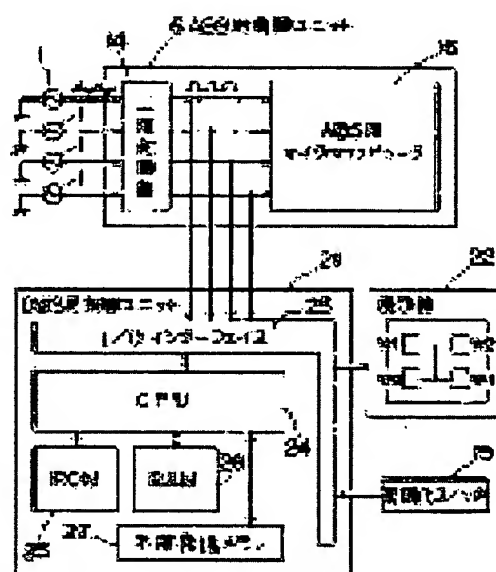
(72)Inventor : OKAWA YASUSHI  
ISSHIKI NORIO

## (54) TIRE AIR PRESSURE DROP DETECTING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a tire air pressure drop detecting device (DWS) whereby a pressure-reduced tire can be detected inexpensively and further accurately by using a rotary angular speed of the tire.

CONSTITUTION: A wheel speed sensor 1 and a binary circuit 14 of an existing ABS in a vehicle are utilized. By four wheel speed pulses output from the binary circuit 14, a rotary angular speed of each tire W1 to W4 is calculated, in a CPU24. At the time of detection inhibiting condition stored in a nonvolatile memory 27, no detection is performed. The time of detection inhibiting condition is that when the vehicle is in a very low speed condition, the vehicle is at the time of rapid acceleration and rapid deceleration, when large lateral G is generated in the vehicle during its quick cornering, and when action of the vehicle is in a transient condition or when ABS, parking brake, etc., provided in the vehicle, are in action. At the time thus operated, by not detecting a pressure-reduced tire, misdetection can be prevented, and a device of high reliability can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.11.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is tire-pressure fall detection equipment for the four-flower vehicles which have four tires. The angular-rate-of-rotation detection means for detecting the angular rate of rotation of each tire prepared corresponding to each of four tires, A distinction means to distinguish whether it is the state defined beforehand where the above-mentioned four-flower vehicles do not fit tire-pressure fall detection, When the above-mentioned distinction means has distinguished from the state of not being suitable for the above-mentioned detection and it has not distinguished from the state where do not perform the operation for detection and it is not suitable for the above-mentioned detection The sum of the angular rate of rotation of one pair of tires which are on the diagonal line of the four tires in four-flower vehicles from the angular rate of rotation of four tires detected with the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means, By whether it is larger than the predetermined value which the ratio which an operation means to ask for a ratio with the sum of the angular rate of rotation of one pair of other tires, and the above-mentioned operation means calculated defines beforehand, or small Tire-pressure fall detection equipment characterized by including a reduced pressure tire detection means to detect that the air failure has arisen in a tire.

[Claim 2] Tire-pressure fall detection equipment according to claim 1 is characterized by including the display means for displaying the detection result of the above-mentioned reduced pressure tire detection means further.

[Claim 3] In tire-pressure fall detection equipment according to claim 2, the aforementioned display means is equipped with the display device corresponding to four tires, when the tire to which pneumatic pressure fell is detected, the display device corresponding to the tire is turned on, or is been made to be blinked, and

vehicles are ignition switched off, and fixed time is characterized by turning on all display devices the back.

[Claim 4] counting which carries out counting of the pulse number outputted in tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, or 3 from a pulse output means by which the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means outputs a pulse according to rotation of a tire, and a pulse output means — it is characterized by including a means

[Claim 5] In tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, or 3, the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means is characterized by including a pulse output means to output a pulse according to rotation of a tire, and a measurement means to measure the recurrence interval of the pulse outputted from a pulse output means.

[Claim 6] In tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, 3, 4, or 5, with the state of not being suitable for the above-mentioned tire-pressure fall detection and of setting beforehand (1) When four-flower vehicles are in the low-speed state below predetermined speed and it accelerates [ sudden-] or slows down [ sudden-] above the rate which (2) four-flower vehicles define beforehand, (3) When carrying out the cornering of the road of a radius with four-flower vehicles smaller than the radius of curvature defined beforehand, (4) When the width G beyond the value beforehand set to four-flower vehicles has occurred and (5) four-flower vehicles move from a straight-line run state to a cornering, Or it is a time of moving from a cornering state to a straight-line run state, and when the rate of a value change of the width G which this produces is over the default value defined beforehand, it is characterized by including the time of the specific equipment with which (6) four-flower vehicles were equipped operating.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the equipment which detects the tire to which pneumatic pressure fell especially based on the rotational frequency of four tires about air-failure detection of the tire for four-flower vehicles.

[0002]

[Description of the Prior Art] The equipment which detects the air failure of a tire is invented as one of the safety devices for four-flower vehicles, such as a passenger car and a truck, and there are some which are put in practical use in a part. The demand to air-failure detection of a vehicles tire is high in Europe especially. In the European countries where the highway progressed, the air failure of the vehicles tire under high-speed run is because there is a possibility of causing a casualty.

[0003] As tire-pressure fall detection equipment with which the former was put in practical use, there are some which measure a tire pressure directly. Conventionally [ this ], with equipment, a pressure sensor is prepared into a tire and a tire pressure is measured directly by the pressure sensor. And the measured tire pressure is given to the processor formed in the body side. a pressure sensor and a processor — for example, electromagnetism — it is combined-like and transfer of a signal is mechanically enabled in the state of non-contact The tire pressure processed with the processor has composition displayed on a drop etc.

[0004] moreover, as other conventional technology, the angular rate of rotation of four tires is detected, and the tire-pressure fall method of detection for detecting the tire to which pneumatic pressure is falling to a relative target is proposed based on the angular rate of rotation of each tire (for example, refer to JP,63-305011,A) In this conventional method of detection, if the sum of the angular rate of rotation of one pair

of tires which will accept it on other diagonal lines is subtracted from the sum of the angular rate of rotation of one pair of tires on the diagonal line and 0.05% – 0.6% of the result is among 0.1% – 0.3% preferably from the average of the two sum totals, a reduced pressure tire will be detected.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] there is a fault of being very expensive, in some which are the composition of preparing a pressure sensor into the former tire among the above-mentioned conventional technology moreover — the processor formed in the pressure-sensor empty-vehicle object side established into the tire — electromagnetism — although a signal is transmitted-like, there is a fault of being easy to produce an error, at the time of a signal transmission since especially vehicles run under an ill condition (for example, a passage with much earth magnetism) — electromagnetism — there are also many obstacles over a signal transmission [—like ]

[0006] the method of on the other hand detecting a reduced pressure tire based on the angular rate of rotation of the latter tire which the above-mentioned conventional technology shoots has the following faults That is, in order to take out a changed part of the angular rate of rotation of a reduced pressure tire, the average of the angular rate of rotation of four tires is made into a basis, and a changed part in a reduced pressure tire is detected based on the basis. So, the angular rate of rotation of a reduced pressure tire is contained also in the basis, a basis is not exact and there is a fault that detection precision is not good.

[0007] This invention was made against the background of such conventional technology, can constitute equipment comparatively cheaply, and aims at offering the equipment for moreover detecting the tire to which pneumatic pressure fell correctly with sufficient sensitivity, and quickly. In addition, the more fundamental purpose of this invention is as follows. First, it relates to development of a run flat tire. It is the tire which was able to enable it to run about 300km, for example by 80 or less km/h after the run flat tire has blown out. In the vehicles equipped with such a run flat tire, even if the tire blew out and it has started the air failure, a driver does not notice in many cases. In the state where it blew out, when it runs at the speed beyond the speed limit or is running exceeding a mileage limitation, a tire carries out a burst etc. and there is a possibility of leading to accident. So, it was one purpose to detect the air failure to such a run flat tire at the beginning.

[0008] Moreover, as other purposes, when the air of a tire escaped from a few, it was detected promptly and the driver was told, and I hear that he wanted to prevent beforehand that accident arises to a 0.5 atmospheric-pressure \*\*\*\*\* case, and it

was in it about it. Usually, even if the air of a tire escaped from about 0.5 atmospheric pressure, since the driver had not been noticed in many cases at it, equipment which can detect it was desired.

[0009] Furthermore, when a nail etc. is stuck in a tire, the time for 20 – 30 seconds or more is required somewhat slowly as other fundamental purposes and pneumatic pressure falls, it is made in order to meet the demand of wanting to detect it promptly. As mentioned above, this invention is offering accurate equipment cheap [ for having detected the air failure of a tire, having been based on the fundamental position of wanting to prevent accident, having been made, and realizing it ] and.

[0010]

[Means for Solving the Problem]

The principle of invention: In the vehicles which have four tires, the field which each tire has actually grounded on the ground, i.e., the distance from the center of a tread to the center of rotation of a tire, is called the dynamic load radius of the tire. Change of the load which this dynamic load radius requires for change (refer to drawing 15) of the pneumatic pressure of \*\* tire, and \*\* tire (refer to drawing 16), \*\* Change of the rotational speed of a tire, i.e., rolling-stock-run speed, (refer to drawing 17), \*\* \*\* vehicles change [ change (refer to drawing 18) of the slip angle of a tire, change (refer to drawing 18) of the camber angle of \*\* tire, and \*\* vehicles ] with \*\* tire wears (refer to drawing 20) etc. among a cornering during acceleration or braking (refer to drawing 19). When the dynamic load radius of a certain tire changes, in arbitrary vehicles speed, the rotational speed of the tire which the change generated will change to the rotational speed of other tires.

[0011] Then, in this invention, detect change of the rotational speed of a tire. b. change factors other than the pneumatic pressure exerted on the dynamic load radius of a tire (above \*\*-\*\*) A relation with c., consequently the tire pressure and the dynamic load radius eliminated by processing appropriately the information on the dynamic load radius of each tire is extracted, and the tire to which pneumatic pressure fell is detected based on the procedure of detecting tire-pressure change. Use of ABS: Use effectively preferably ABS (Antilock-Braking-System) by which existing was carried out to vehicles in this invention.

[0012] ABS is attached in Japan now in Europe at about 15 – 16% of saturation level of all vehicles about 35% of all vehicles. This ABS is a system which has the wheel speed sensor for detecting the rotation state of four tires, detects that it is the slip state which a tire races, and controls the oil pressure of a brake. Since the signal system of ABS controls the oil pressure of a brake as mentioned above and it controls

in the direction to which brakes are not applied, if it malfunctions, vehicles will be in a very dangerous state. Then, the highly reliable signal system is adopted. In the desirable mode of this invention, reliable tire-pressure fall detection equipment is cheaply realized by using the signal of the wheel speed sensor obtained from this reliable signal system.

[0013] Invention according to claim 1 is tire-pressure fall detection equipment for the four-flower vehicles which have four tires. The angular-rate-of-rotation detection means for detecting the angular rate of rotation of each tire prepared corresponding to each of four tires, A distinction means to distinguish whether it is the state defined beforehand where the above-mentioned four-flower vehicles do not fit tire-pressure fall detection, When the above-mentioned distinction means has distinguished from the state of not being suitable for the above-mentioned detection and it has not distinguished from the state where do not perform the operation for detection and it is not suitable for the above-mentioned detection The sum of the angular rate of rotation of one pair of tires which are on the diagonal line of the four tires in four-flower vehicles from the angular rate of rotation of four tires detected with the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means, It is characterized by including a reduced pressure tire detection means to detect that the air failure has arisen into the tire by whether it is larger than the predetermined value which the ratio which an operation means to ask for a ratio with the sum of the angular rate of rotation of one pair of other tires, and the above-mentioned operation means calculated defines beforehand, or small.

[0014] Invention according to claim 2 is characterized by tire-pressure fall detection equipment according to claim 1 including the display means for displaying the detection result of the above-mentioned reduced pressure tire detection means further. Invention according to claim 3 is set to tire-pressure fall detection equipment according to claim 2. the aforementioned display means When the tire to which was equipped with the display device corresponding to four tires, and pneumatic pressure fell is detected, The display device corresponding to the tire is turned on, or is been made to be blinked, and vehicles are ignition switched off, and fixed time is characterized by turning on all display devices the back.

[0015] counting to which invention according to claim 4 carries out counting of the pulse number outputted from a pulse output means by which the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means outputs a pulse according to rotation of a tire, and a pulse output means in tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, or 3 — it is characterized by including a means Invention according to claim

5 is characterized by the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means including a pulse output means to output a pulse according to rotation of a tire, and a measurement means to measure the recurrence interval of the pulse outputted from a pulse output means in tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, or 3.

[0016] Invention according to claim 6 in tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 with the state of not being suitable for the above-mentioned tire-pressure fall detection and of setting beforehand (1) When four-flower vehicles are in the low-speed state below predetermined speed and it accelerates [ sudden-] or slows down [ sudden-] above the rate which (2) four-flower vehicles define beforehand, (3) When carrying out the cornering of the passage of a radius with four-flower vehicles smaller than the radius of curvature defined beforehand, (4) When the width G beyond the value beforehand set to four-flower vehicles has occurred and (5) four-flower vehicles move from a straight-line run state to a cornering, Or it is a time of moving from a cornering state to a straight-line run state, and when the rate of a value change of the width G which this produces is over the default value defined beforehand, it is characterized by including the time of the specific equipment with which (6) four-flower vehicles were equipped operating.

[0017]

[Function] When the air failure has arisen into one of tires in four-flower vehicles based on each angular rate of rotation of four tires detected by the angular-rate-of-rotation detection means according to invention a claim 1 or given in six, it can be detected correctly. And since an operation means does not calculate in the state that four-flower vehicles do not fit tire-pressure fall detection and of setting beforehand, the mistaken operation is prevented beforehand and it can draw only the right detection result.

[0018] Moreover, according to invention according to claim 2, when an air failure arises into one tire of four tires, a driver can be promptly told about it. Furthermore, since according to invention according to claim 3 an ignition switch is turned on and all display devices turn on or blink back fixed time, a driver can check that a display means or tire-pressure fall detection equipment itself is not out of order.

[0019]

[Example] Below, with reference to a drawing, the example of this invention is explained in detail. Drawing 1 is drawing showing the outline of vehicles in which the tire-pressure fall detection equipment (henceforth "DWS") concerning one example of this invention and well-known ABS were carried conventionally.

[0020] ABS carried in these vehicles is equipment which avoids the lock state of the wheel in the time of sudden braking operation etc. by controlling electronically the brake pressure force of the brake 2 of each wheel based on the output of four tires W1 and W2, W3, and the wheel speed sensor 1 formed respectively in relation to W4. That is, if it gets into a brake pedal 3 strongly, the fluid pressure from a master cylinder 4 will be controlled by the fluid-pressure unit 5, and will be transmitted to the brake 2 of each wheel. The control unit 6 for ABS which is carrying out the monitor of the output of four wheel speed sensors 1 is connected to this fluid-pressure unit 5. In the control unit 6 for ABS, if the so-called lock state of one of wheels is distinguished based on the output of each wheel speed sensor 1, the fluid-pressure unit 5 will be controlled and the brake pressure of the brake 2 of the wheel of a lock state will be decreased.

[0021] By the way, in Above ABS, in the control unit 6 for ABS, first, binary-ized processing is carried out and, as for the analog signal given from each wheel speed sensor 1, a binary-ized finishing wheel speed signal (henceforth a "wheel speed pulse") is used for processing. On the other hand, it connects with the drop 12 connected to the control unit 11 for DWS, and the control unit 11 for DWS, and the control unit 11 for DWS, and DWS concerning this example is equipped with the initialization switch 15 operated by the driver. And the control unit 11 for DWS receives supply of a wheel speed pulse from the control unit 6 for ABS, is based on this wheel speed pulse, and shifts, and it is made to have the air failure of those tires W1-W4 detected. And detection of the air failure of one of the tires W1-W4 displays the result on a drop 12. In a drop 12, an air-failure tire is displayed so that it may mention later.

[0022] Drawing 2 is the perspective diagram showing an example of the attachment structure of the wheel speed sensor 1 explained in drawing 1. the edge of an axle 7 — wheel attachment — the member 8 and the brake disc 9 have fixed Inside the brake disc 9, the axle 7 and the sensor rotor 10 rotated in one are attached. It is formed in the perimeter side of the sensor rotor 10 in the pitch with two or more projecting fixed gear teeth. The wheel speed sensor 1 is attached in the fixed state where it does not rotate so that a predetermined interval may be separated to the peripheral surface of this sensor rotor 10 and it may be countered.

[0023] Drawing 3 is an illustration view for explaining the rotation detection principle by this wheel speed sensor 1. The wheel speed sensor 1 is the electromotive force  $e_i$  produced to the ends of the coil 13 wound around the pole piece 12 about while leading the magnetic flux  $\phi$  which a permanent magnet 11 makes to the sensor rotor

10 by the pole piece 12. It is made to take out. Opening  $g$  is formed between nose-of-cam 12a of the pole piece 12, and the sensor rotor 10. As mentioned above, it is fixed to the axle 7, and the sensor rotor 10 will be rotated with rotation of a tire, if it rotates and an axle 7 puts in another way. Moreover, as mentioned above, much gear-tooth 10a protrudes on the peripheral surface of the sensor rotor 10 at constant pitch. Therefore, the opening  $g$  of nose-of-cam 12a of the pole piece 12 and the peripheral surface of the sensor rotor 10 changes with rotation of the sensor rotor 10. Electromotive force  $e_i$  according to change of this magnetic flux  $\phi$  since the magnetic flux  $\phi$  which pierces through the pole piece 12 changes with change of this opening  $g$ . It will generate to the ends of a coil 13. Electromotive force  $e_i$  Voltage signal  $e_i$  of the frequency corresponding to the rotational speed of a tire after all since it changes on the frequency corresponding to rotation of the sensor rotor 10. It is obtained.

[0024] In this example, about 45 gear-tooth 10a which protruded on the peripheral surface of the sensor rotor 10 is prepared, for example. So, if the sensor rotor 10 rotates one time, 45 gear-teeth 10a will counter with nose-of-cam 12a of the pole piece 12. Therefore, if the sensor rotor 10 rotates one time (i.e., if a tire rotates one time), 45 alternating current signals will occur in the ends of a coil 13.

[0025] Drawing 4 is the block diagram showing the electric composition of DWS concerning one example of this invention. As explained in drawing 1, the detecting signal of four wheel speed sensors 1 is given to the control unit 6 for ABS. The binary-ized circuit 14 and the microcomputer 16 for ABS are contained in the control unit 6 for ABS. First, after the detecting signal of the wheel speed sensor 1 given to the control unit 6 for ABS is made binary in the binary-ized circuit 14, it is supplied to the microcomputer 16 for ABS.

[0026] It is made to be given in the detecting signal of the wheel speed sensor 1 of Above ABS, as DWS concerning this example was mentioned above. In this case, it is made to be given to the control unit 21 for DWS in the wheel speed pulse after not making it given at the control unit 21 for direct DWS and making binary the detecting signal of each wheel speed sensor 1 in the binary-ized circuit 14 in the control unit 6 for ABS.

[0027] When it is made such connection composition, there are two big merits. I hear that the failure can prevent having fatal influence to the control unit 6 for ABS, and one merit has it in it, even if failure should occur in the wheel speed stimulus part of the control unit 21 for DWS. If either of this branched signal line is set for example, to grand level when the control unit 21 for DWS is made the composition which

incorporates the output of the wheel speed sensor 1 directly (i.e., when the signal line of each wheel speed sensor 1 branches and it connects with the control unit 21 for DWS), the mistaken wheel speed detection signal will be given to the binary-ized circuit 14 of the control unit 6 for ABS. And as a result, the microcomputer 16 for ABS may start a malfunction. Then, if the wheel speed pulse after being made binary by the binary-ized circuit 14 in the control unit 6 for ABS is given to the control unit 21 for DWS like this example, even if failure occurs in the wheel speed detection stimulus part of the control unit 21 for DWS, the failure will not have fatal influence on the control unit 6 for ABS.

[0028] Since a wheel speed pulse [ finishing / binary-izing ] is given to the control unit 21 for DWS, I hear that another merit can attain simplification of the wheel speed stimulus part of the control unit 21 for DWS, and there is. Now, the control unit 21 for DWS, the drop 22, and the initialization switch 15 with which the above-mentioned wheel speed pulse is given are included in DWS concerning this example. The control unit 21 for DWS is constituted by the microcomputer. in the hardware composition In case ROM25 and CPU24 in which the control action program of CPU24 and CPU24 as a center of the input/output interface 23 required for delivery of a signal with an external device and data processing was stored perform control action like illustration, data etc. are written in temporarily, or RAM26 from which the written-in data is read, and the non-volatile memory 27 which can hold the data memorized also at the time of a power supply OFF are contained. RAM26 is equipped with the area for time memory, the area for measurement timers, the area for pulse counters, the area for work registers, etc. so that it may mention later. Moreover, a data rejected condition, a data correction coefficient, etc. which are mentioned later are memorized by non-volatile memory 27.

[0029] If detection of an air-failure tire is carried out by the control unit 21 for DWS based on the wheel speed pulse given from the binary-ized circuit 14, the detection result will be outputted and displayed on a drop 22. When the tire to which pneumatic pressure fell is detected by the display lamp or display device corresponding to four tires W1 and W2, W3, and W4, it is made for the light to be switched on in the display device corresponding to the tire by it like illustration as a display mode in a drop 22.

[0030] Moreover, vehicles are ignition switched off and, as for fixed time, it is desirable [ a display lamp or display devices W1-W4 ] to make it all light up the back in order to tell a driver about itself not being out of order. In order to tell a driver about the tire to which pneumatic pressure fell having been detected further again, it may replace with a drop 22, or may use together with a drop 22, and the acoustic sense information

equipment by the synthesized speech etc. may be used.

[0031] In addition, an operation of the initialization switch 15 in drawing 4 is explained later. Drawing 5 is the circuit block diagram showing the electric composition of DWS concerning other examples of this invention. The point that the composition shown in drawing 5 differs from the composition shown in drawing 4 is that the microcomputer 28 for DWS is added to the control unit 6 interior for ABS. Thus, while being able to utilize the existing control unit effectively, and there being no increase in a control unit and being able to aim at reduction of circuitry by adding the microcomputer only for DWS(s) in the control unit 6 for ABS in other unit and this example, there is an advantage that cost reduction can also be planned.

[0032] Moreover, it replaces with the composition of drawing 5 of adding the microcomputer 28 for DWS in the control unit 6 for ABS, and if the program for air-failure detection is added in the microcomputer 16 for ABS in addition to the program for ABS as shown in drawing 6, the hardware composition of a microcomputer can constitute DWS only by the addition of a new program, using the existing microcomputer 16 for ABS as it is.

[0033] Next, in the control unit 21 for DWS explained by drawing 4, the wheel speed pulse given explains how it is read by CPU24. The wheel speed pulse inputted into CPU24 in drawing 4 is a pulse signal as shown in drawing 7, respectively. In CPU24, the angular rate of rotation of each tires W1-W4 (refer to drawing 1) is computed by counting to every [ which defines each of this wheel speed pulse given beforehand ] measurement period  $\Delta t$ .

[0034] By the way, since they are asynchronous, if the period of a wheel speed pulse and measurement period  $\Delta t$  may have a relation as shown in drawing 7 (a) as for the period of the wheel speed pulse inputted into CPU24, and measurement period  $\Delta t$  in CPU24, they have a relation as shown in drawing 7 (b) also with a bird clapper. That is, although the number N of rising edges of the wheel speed pulse in measurement period  $\Delta t$  is  $N=x$  when shown in drawing 7 (a), when shown in drawing 7 (b), the number N of rising edges of the wheel speed pulse in measurement period  $\Delta t$  will become  $N=x-1$ . Thus, when the relation between the start timing of measurement period  $\Delta t$  and end timing, and the rising edge of a wheel speed pulse differs, \*\*one error may arise in the pulse number of the wheel speed pulse counted in same measurement period  $\Delta t$ . Since it is few also to a wheel speed pulse number especially during a low-speed run, the rate of the error also becomes [ vehicles ] large.

[0035] Then, the generating time of the rising edge detected at the last in each measurement period  $\Delta t$  in this example as shown in drawing 7 (c),  $t_{x-1}$  [ for

example, ], and  $t_x$  It was made to memorize. And the angular rate of rotation  $\omega$  of a tire is the number of rising edges of the wheel speed pulse counted in certain measurement period  $\Delta t$ , then  $\omega = (k_1, x) / (t_x - t_{x-1})$  — (1)

However,  $k_1$ : It was made to ask by the constant. Consequently, it cannot be generated, but the error based on the period of a wheel speed pulse and measurement period  $\Delta t$  being asynchronous can count a wheel speed pulse correctly, and can compute the angular rate of rotation of each tire without error.

[0036] Drawing 8 is a flow chart which shows the angular-rate-of-rotation calculation procedure of the tire in CPU24 (refer to drawing 4 ) mentioned above. Next, with reference to drawing 8 , the method of calculation of the angular rate of rotation of a tire is explained more concretely. In CPU24, count processing of the wheel speed pulse given is performed. This processing is made according to the flow chart of drawing 8 (a). That is, if the input of the rising edge of a wheel speed pulse is distinguished (Step S1), the time when the rising edge was inputted will be memorized by time memory (the storage area of RAM [ in / drawing 4 / in this time memory ] 26 is used.) (Step S2). And counted value of a pulse counter (the storage area of RAM26 is used and this pulse counter is also constituted.) is carried out +one.

[0037] The above processing is repeated. On the other hand, angular-rate-of-rotation calculation processing of a tire is performed according to the flow chart shown in drawing 8 (b). Namely, the measurement timer which clocks measurement period  $\Delta t$  (this measurement timer) for example, the storage region of RAM26 is used and formed a time check — distinction of whether time reached  $\Delta t$  carries out — having (Step S11) — a measurement timer — measurement period  $\Delta t$  (it can be set as several seconds — about several seconds.  $\Delta t$  — for example, a comma —) A measurement timer will be reset if having reached is distinguished (Step S12). Thereby, a measurement timer begins a time check from 0 again. Moreover, time  $t_{t-x}$  by which the standup pulse of the last in the last measurement period by which the store is carried out to the work register W1 formed in the storage area of RAM26 was detected It is moved to another work register W2 (Step S13). And the store of the time  $t_x$  (time memorized at Step S2) memorized by time memory is carried out to the work register W1 (Step S14).

[0038] Consequently, time  $t_{x-1}$  by which the rising edge of the last in the measurement period in front of one was detected by the work register W2 Time  $t_x$  when the store was carried out at and the rising edge of the last in this measurement period was detected by the work register W1 The store will be carried out. Subsequently, a store is carried out to high-priced [ of a pulse counter ] at another

work register W3. And a pulse counter is cleared.

[0039] And three work registers W1 and W2 and the data by which the store is carried out to W3 are read, and the angular rate of rotation  $\omega$  of a tire is computed (Step S16). This calculation is made based on the formula (1) mentioned above. The angular rate of rotation of a wheel is computed correctly [ it is without error and ] by every measurement period  $\Delta t$  as mentioned above.

[0040] It replaces with detection of the rising edge of a wheel speed pulse, and you may make it detect a falling edge in an above-mentioned case. Since it has four wheel speed sensors 1, count processing of the wheel speed pulse number explained above and calculation processing of the angular rate of rotation of a tire are performed for every wheel speed sensor, respectively.

[0041] It may replace with angular-rate-of-rotation calculation processing of the above tires, and the following calculation processings may be performed. Namely, with reference to drawing 9 , the time  $t_1$  when the rising edge (or falling edge) of the first wheel speed pulse was detected is memorized after a measurement start. several standup (or falling) edges of the wheel speed pulse per tire 1 rotation -- the integer  $n$  of  $N_0$  ( $n=1, 2, 3 \dots$ ) -- double -- the detection time  $t_2$  of the rising edge (or falling edge) of the 1st [ + ] wheel speed pulse -- memorizing -- the angular rate of rotation  $\omega$  of a tire -- the following formula (2)

$$\omega = (k_2 \text{ and } n) / (t_2 - t_1) \quad \text{-- (2)}$$

However,  $k_2$ : You may compute by the constant. When the calculation method of such the angular rate of rotation is used, even if the protrusion pitch of gear-tooth 10a in the sensor rotor 10 (refer to drawing 3 ) varies, an error does not arise in the angular rate of rotation  $\omega$  by the dispersion. Therefore, the more exact angular rate of rotation is computable.

[0042] In addition, the wheel speed pulse from four wheel speed sensors 1 is detected, respectively, and the angular rate of rotation is computed also for calculation of this angular rate of rotation about each tire W1-W4. Drawing 10 is a flow chart showing the procedure in CPU24 when computing the angular rate of rotation explained with reference to drawing 9 .

[0043] Next, with reference to drawing 10 , the method of calculation of the angular rate of rotation is explained more concretely. A start of measurement of a wheel speed pulse detects the rising edge of a wheel speed pulse (Step S21). And if the first rising edge is detected, the detection time  $t_1$  will be memorized by the time memory 1 (Step S22). Moreover, counted value of a pulse counter is set to "1" (Step S23).

[0044] Then, whenever it is distinguished whether the rising edge of the following

wheel speed pulse was detected (Step S24) and a rising edge is detected, a pulse counter is carried out +one (Step S25). And processing of Steps S24 and S25 is repeated until it is distinguished whether it became one the severalNs standup integer [ n times integer of 0 of this ] of the wheel speed pulse per [ as which the counted value of a pulse counter was determined beforehand ] tire 1 rotation (Step S26) and the value of a pulse counter reaches N0xn.

[0045] And if it is distinguished that the number of counts of a pulse counter was set to N0xn and the rising edge of the following wheel speed pulse is detected (it is YES at Steps S26 and S27, respectively), the time t2 when the rising edge of the wheel speed pulse of the last detected at Step S24 was detected will be memorized by the time memory 2 (Step S28).

[0046] And a pulse counter is cleared in preparation for the next measurement start (Step S29), and the angular rate of rotation  $\omega$  of a tire is computed by the above-mentioned formula (2) using the time memorized by the time memory 1 and the time memory 2 (Step S30). In addition, the time memory 1 and the time memory 2 which were stated by this drawing 10 are also formed using the storage area of RAM26 in drawing 4.

[0047] In addition, as for detection processing of the above-mentioned angular rate of rotation  $\omega$  explained with reference to drawing 8 or drawing 10, it is desirable that the angular rate of rotation of four tires is simultaneously computed in parallel based on each wheel speed pulse from four wheel speed sensors 1. Since the tire to which pneumatic pressure is falling relatively based on the angular rate of rotation of four tires as for fall detection of a tire pressure is detected so that it may mention later, the angular rate of rotation of each tire is because it leads to more exact detection that it is the angular rate of rotation detected at this time.

[0048] Next, the method of fall detection of a tire pressure is explained. In the array view of the tire of the four-flower vehicles shown in drawing 11, F3 and the angular rate of rotation of the back right tire W4 are set [ the angular rate of rotation of the front left tire W1 / the angular rate of rotation of F1 and the front right tire W2 ] to F4 for the angular rate of rotation of F2 and back left tire W3. At this time, the judgment formula (3) which detects the fall of the following tire pressure can be obtained by asking for one more pair of tires W2 on sum F1+F4 on the diagonal line of the angular rate of rotation of one pair of tires W1 and W4, and other diagonal lines, and the ratio dF of sum F2+F3 of the angular rate of rotation of W3.

[0049]

$$dF = (F1 + F4) / (F2 + F3) \quad \text{--- (3)}$$

Now, if all of the pneumatic pressure of four tires W1-W4 are normal, since each of F1-F4 becomes equal, they will be set to  $dF=1$ . On the other hand, it is set to  $dF \neq 1$  when the pneumatic pressure of any one tire falls. Therefore,  $dF > (1+a1)$  or  $dF < (1-a2)$ . However,  $a1, a2$ : It is detectable at the time of a constant that the pneumatic pressure of one of tires is falling.

[0050] If an above-mentioned judgment formula (3) is used, the angular rate of rotation of a reduced pressure tire is detectable among four tires as a part for the relative change with three tires of other normal pneumatic pressure. Therefore, since the angular rate of rotation of a reduced pressure tire is not contained in a comparison basis as explained in the conventional technology, detection precision is not changed, it does not get worse, but accurate detection is attained.

[0051] If the judgment formula (3) concerning this example is used, the fall of the pneumatic pressure of any 1 of four tires W1-W4 or two tires W1 on the diagonal line, W4 or W2, and W3 is correctly detectable. Next, when the air failure of a tire is detected, the specific method of of which tire of \*\* and the four tires W1-W4 pneumatic pressure is falling is explained.

[0052] In an above-mentioned judgment formula (3), if it is  $dF > 1$  and reduced pressure tires are W1 or W4, and  $dF < 1$ , a reduced pressure tire can be specified with W2 or W3. Furthermore, if vehicles become  $F1 > F2$  in the state of rectilinear propagation in an above-mentioned case, a reduced pressure tire will become  $W1F1 < F2$ , a reduced pressure tire will become  $W2F3 > F4$  and a reduced pressure tire will become  $W3F3 < F4$ , a reduced pressure tire can be specified with W4.

[0053] By the way, when two tires W1 and W2 which are not on the diagonal line depending on using the judgment formula (3) mentioned above, for example, two front tires, two back tire W3, and W4 produce an air failure simultaneously, the tire-pressure fall may be unable to be detected. Therefore, after performing the detection judging of the tire-pressure fall by the judgment formula (3) mentioned above, it sets under the condition which vehicles are the degrees of about 1 fixed speed, and is performing the straight-line run mostly. If sum  $F3+F4$  of sum  $F1+F2$  and back tire W3 of the angular rate of rotation of the front tires W1 and W2, and the angular rate of rotation of W4 are compared and there is size, it is desirable to make it specify that it is the tire from which the bigger one has produced the air failure. That is, it is desirable to judge with W1 and W2 having produced the air failure, if it becomes  $(F1+F2) / (F3+F4) > C0$  ( $C0$ : constant decided by vehicles), and W3 and W4 having produced the air failure, if it becomes  $(F1+F2) / (F3+F4) < C0$  ( $C0$ : constant decided by vehicles).

[0054] What is necessary is just to make a judgment whether the vehicles in

above-mentioned are constant-speed runs as follows. That is, when the rate of change of the average of the angular rate of rotation of four tires obtained from four wheel speed sensors is in a certain default value, it can be judged that it is a fixed run. On the other hand, when it comes out of the default value of a certain (for example, when rate of change increases in the increase direction rather than default value), and it can judge that vehicles are in an acceleration state and rate of change exceeds in the reduction direction rather than a certain default value conversely, it can be judged that vehicles are in a slowdown state. Thus, when vehicles judge based on the output of a wheel speed sensor for whether it is a constant-speed run state as mentioned above, it is not necessary to form G sensor etc. in this DWS, and there is an advantage of being made to simple composition.

[0055] By the way, fall detection of the tire pressure using the judgment formula (3) mentioned above is based on the basis that the angular rate of rotation of the tire which the change generated changes to the angular rate of rotation of other tires, if the dynamic load radius of a tire changes as mentioned above. However, as mentioned above, the rotational speed of the load which the dynamic load radius of a tire requires not only for change of \*\* tire pressure but for \*\* tire, and \*\* tire, the slip angle of \*\* tire, the camber angle of \*\* tire, and \*\* vehicles change [ whether it is under / cornering / \*\*\*\*\*, and ] \*\* vehicles in whether it is under [ acceleration or braking ] \*\*\*\*\* by \*\* tire wear etc.

[0056] Then, in order to detect the air failure of a tire correctly and to remove change of the dynamic load radius by the above-mentioned \*\* - \*\*, air-failure detection of a tire is forbidden under a certain specific conditions, or there is amendment need about the angular rate of rotation of the computed tire. Hereafter, when forbidding detection, an amendment case is explained one by one in the computed angular rate of rotation. When detection of an air failure is forbidden: There is a case of the following (1) - (6).

[0057] (1) From the wheel speed sensor 1 which vehicles show very much to drawing 3 in a low-speed state, it is sufficient alternating-voltage signal ei for binary-izing. It is not obtained. Therefore, the output of the wheel speed sensor 1 may not be correctly made binary. Then, when vehicles speed is below the constant speed defined beforehand, detection of a wheel speed pulse is forbidden.

[0058] If the pulse number to count is under the default value defined beforehand in measurement period  $\Delta t$  explained, for example by drawing 7 as the concrete method of the ban on detection of a wheel speed pulse, tire-pressure fall detection will be forbidden. Furthermore, when a rapid increase or rapid reduction is between the pulse number in certain measurement period  $\Delta t$ , and the pulse number in the

following measurement period  $\Delta t$  preferably, tire-pressure fall detection is forbidden. A rapid increase or rapid reduction of a pulse number within fixed measurement period  $\Delta t$  is because a possibility that an incorrect judging may be performed will become high if the data is used in such a case, since it is possible to be based on a slip of a tire etc.

[0059] Furthermore, when the generating period of the wheel speed pulse which is given more preferably in an above-mentioned case is supervised and the generating period of a wheel speed pulse exceeds default value, the tire-pressure fall detection based on the pulse number in measurement period  $\Delta t$  including the pulse is forbidden. When the generating period of a wheel speed pulse exceeds default value, it is because it is possible that the tire slipped etc.

[0060] (2) Vehicles may race [ a tire ] at the time of sudden acceleration, and tire idling causes incorrect detection. Then, the ratio of the angular rate of rotation of the driving wheel of vehicles, a non-driving wheel, for example, a front wheel, and a rear wheel is taken, and detection will be forbidden if the value exceeds default value. In this case, the average of the angular rate of rotation of two front tires and the average of the angular rate of rotation of two back tires which are non-driving wheels which are a driving wheel should just be used for the ratio of the angular rate of rotation of a driving wheel, and the angular rate of rotation of a non-driving wheel, for example, respectively.

[0061] (3) A sideslip etc. occurs into a tire and the inside of a cornering with sudden vehicles causes incorrect detection. Then, detection is forbidden, when the radius of curvature  $R$  of the passage vehicles are running by the following formula (4) is guessed and this value  $R$  is less than default value.

[0062]

[Equation 1]

[0063] However, the angular rate of rotation of  $F1$ ,  $F2$ ,  $F3$ , a before [  $F4$ : ] left tire, a front right tire, a back left tire, and a back right tire, A: In the small curve of radius of curvature of a hairpin curve, a spoon curve, etc., the constant, i.e., the passage vehicles are running, decided with vehicles forbids fall detection of a tire pressure comparatively.

[0064] (4) Vehicles speed may be [ vehicles ] quick the inside of a cornering, or when a cornering radius is small, the big width  $G$  may start, and incorrect detection may

occur by sideslip of a tire etc. Then, detection is forbidden, when the width G produced on vehicles is guessed and this value exceeds default value by the following formula (5).

$$G=B| \{(F1+F3)-(F2+F4)\} (F1+F2+F3+F4) | \text{ --- (5)}$$

However, the angular rate of rotation of F1, F2, F3, a before [ F4: ] left tire, a front right tire, a back left tire, and a back right tire, B: It replaces with guessing the width G produced on vehicles based on the above-mentioned formula (5) which is the constant decided by vehicles, G sensor is attached in vehicles, and you may make it detect the width G produced on vehicles by the G sensor concerned.

[0065] (5) When vehicles move from a straight-line run state to a cornering, or when moving from a cornering state to a straight-line run that is, a cornering will begin, or the behavior of vehicles will be in a transient in the end, and load movement in vehicles etc. is unfixed and causes incorrect detection of tire-pressure fall detection. Then, the cornering from which the behavior of these vehicles will be in a transient begins, and, finally detection is forbidden. Judgment whether detection is forbidden or not forbids detection, when the rate of change of the value (the value guessed by the formula (5) mentioned above is sufficient as this value, and it may be measured by G sensor.) of the width G produced on vehicles exceeds default value.

[0066] (6) While ABS with which vehicles were equipped, a parking brake, or a traction control apparatus operates, not a rotation state usual in wheel rotation but a slip of a tire may be generated, and it becomes the factor of incorrect detection for DWS. Then, when ABS, a parking brake and a traction control apparatus, and DWS are connected by the signal line, respectively and ABS, a parking brake, or a traction control apparatus is operating, the signal which tells DWS about under an operation is given. And in DWS, when the signal which tells under one of operations is given, it is made not to perform detection processing.

[0067] (1) - (5) mentioned above Each default value used as the decision criterion of whether to forbid each detection is defined beforehand, and is memorized by non-volatile memory 27 (refer to drawing 4 ). Therefore, CPU24 determines [ which performs fall detection processing of a tire pressure / or or ] whether to carry out prohibition by reading the default value memorized by non-volatile memory 27, and comparing with this default value.

the angular rate of rotation -- amendment case: -- there is a case of (1) of the following and (2)

[0068] (1) As mentioned above, the dynamic load radius of a tire changes not only with change of the pneumatic pressure of a tire but with rolling-stock-run speed. Then, in

order to extract correctly the relation between the dynamic load radius of a tire, and pneumatic pressure, it asks for a changed part given to the dynamic load radius of a tire beforehand for every rolling-stock-run speed, and a part for this change is amended at the time of air-failure detection processing of a tire, as a result there is amendment need about the angular rate of rotation of a tire.

[0069] It is a changed part of the dynamic load radius of a tire to rolling-stock-run speed  $\Delta r$ , then  $\Delta r = f(v)$

however, the function  $v$ :rolling-stock-run speed decided with  $f$ :vehicles -- in addition -- this -- the average angular rate of rotation of four wheels -- the radius at the time of a halt of the normal tire of the now for which it can be substituted, and pneumatic pressure --  $r_0$  then, change of the dynamic load radius of this tire --  $(r_0 + \Delta r)/r_0 = 1 + \Delta r/r_0 = 1 + f(v)/r_0 = 1 + C_f(v)$

However,  $C_f$ : When a constant, then the angular rate of rotation of a tire are set to  $F_x$  ( $F_x = F_1, F_2, F_3$  or  $F_4$ ), it is  $F_x \cdot (1 / r_0)$ .

There is \*\*\*\*\* and it is [0070].

[Equation 2]

[0071] \*\* -- it becomes the angular rate of rotation of an actual tire Therefore, the angular rate of rotation  $F_x$  amends with  $F_x = [1 + C_f(v)] F_x'$ . Or the change rate of the angular rate of rotation of a tire is beforehand measured [  $h$  ] in km [ km / every typical speed of vehicles, 50 km/h, / 100 / // h / , and / 150 / / ], and you may memorize to non-volatile memory 27 or ROM as an amount of amendments of the angular rate of rotation which had them detected. And it is good as for a method of an amendment in the angular rate of rotation which read one of change rates from non-volatile memory 27, and was detected by it according to rolling-stock-run speed.

[0072] (2) Change the dynamic load radius of a tire by the width  $G$  which vehicles produce on vehicles in a cornering. So, since vehicles also change the angular rate of rotation by change of the dynamic load radius of a tire in a cornering, there is amendment need about this. By the way, as for a straight-line run state and the inside of a cornering, vehicles can distinguish as follows based on the output of a wheel speed sensor. That is, when the pre-right-and-left tires  $W_1$  and  $W_2$  and post-right-and-left tire  $W_3$ , the difference of the angular rate of rotation of  $W_4$ , or a ratio exceeds both and a certain default value by the same sign, it can be judged that

vehicles are among a cornering. And when other, it can be judged that vehicles are straight-line run states. And the following amendments are performed when vehicles are judged to be among a cornering. Thus, if vehicles distinguish a straight-line run state or the inside of a cornering based on the output of a wheel speed sensor, it is not necessary to form a handle \*\*\*\* sensor in this DWS, and can consider as cheaper and simple composition.

[0073] Now, if Width G starts vehicles in drawing 12, the angular moment will occur on vehicles centering on a roll center, and the force proportional to this will act on them each tire W1, W3, and W2 and W4. The dynamic load radius of a tire is influenced of a load, as mentioned above, and it is changed in proportion to a load. So, vehicles can express a part for the change as a function of Width G in a cornering. When a part for this change is set to  $\Delta r$  and an early tire radius is set to  $r_0$ , a changed part of the dynamic load radius of a tire is  $(r_0 + \Delta r)/r_0 = 1 + \Delta r/r_0 = 1 + f(G)$ .

However,  $f$ : It is the function decided with vehicles and is decided for every tire.

[0074] therefore, the thing which vehicles make the angular rate of rotation  $F_x$  ( $F_x = F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  or  $F_4$ ), then  $F_x' = F_x (1 + f(G))$  to each tire as for the inside of a cornering — it is — the angular rate of rotation — an amendment — things are made In addition, above-mentioned correction-factor  $f(G)$  may be expressed as a continuous function, or is measured for every value of typical  $G$ , and may be memorized by non-volatile memory 27 as a correction factor.

[0075] If it amends to the angular rate of rotation of the tire computed as mentioned above, whether vehicles are the angular rate of rotation of the tire detected during acceleration or the slowdown or vehicles are the angular rate of rotation detected in the cornering, air-failure detection of a tire can be performed using what amended the angular rate of rotation of these tires. Therefore, the state where air-failure detection of a tire cannot be performed can be reduced, and the state where a passage situation etc. cannot perform air-failure detection of a tire over a long period of time can be avoided.

[0076] Next, reduced pressure tire distinction control performed by CPU24 shown in drawing 4 is explained, referring to a flow chart. Drawing 13 is a flow chart which shows an initialization manipulation routine required before distinction processing of a reduced pressure tire. Initialization processing is processing required of the following reasons. Not all of the dynamic load radius of four tires are necessarily the same by the difference of the load concerning each tire by the weight distribution of vehicles though all of four tires W1 and W2 of vehicles, W3, and the pneumatic pressure of W4 are normal, the tire wear, manufacture dispersion of a tire, etc. so, initial dispersion of

the dynamic load radius of these four tires -- initialization -- an amendment -- things are indispensable in subsequent exact tire-pressure fall detection

[0077] With reference to drawing 13 , initialization processing is started based on the initialization switch 15 (referring to drawing 1 and drawing 4 ) having been operated (Step S41). And if ON of the initialization switch 15 is distinguished, CPU24 will write an initialization flag in non-volatile memory 27 (Step S42). Writing this initialization flag in non-volatile memory 27, when the power supply of DWS is turned off during initialization processing, a correction factor may not be called for correctly. And when a correction factor is used correctly, DWS has this possibility of carrying out incorrect detection. Then, it is going to guarantee the content of non-volatile memory 27 by writing an initialization flag in non-volatile memory 27.

[0078] Subsequently, the display devices W1-W4 (refer to drawing 4 ) of four tires in a drop 22 are blinked, and a driver is told about initialization being under processing (Step S43). After this initialization switch 15 is pushed, by the driver, vehicles are straight-line runs and run by simultaneously constant speed. It is distinguished whether based on the wheel speed pulse from a wheel speed sensor, vehicles are straight-line runs and CPU24 is running by constant speed (Step S44). Vehicles are distinguished [ that it is / straight-line / under run, and ], when the pre-right-and-left tires W1 and W2, post-right-and-left tire W3, the difference of the angular rate of rotation of W4, or the ratio is not over both or a certain default value by the same sign, as it mentioned above whether it was a straight-line run.

[0079] Moreover, when the rate of change of the average of the wheel speed pulse to which, as for whether it is a constant-speed run, vehicles are given from four wheel speed sensors is in a certain default value, vehicles are distinguished as it is a constant-speed run. And in this case, each angular rates of rotation F1, F2, F3, and F4 of four tires are detected. Moreover, the angular rate of rotation of one arbitrary tire, F1 [ for example, ], is made into a reference value, and it asks for the ratio of the angular rate of rotation of other tires to this reference value F1, respectively, and let it be a correction factor to each tire. That is, it is referred to [ tire / W2 / W3 / tire / amendment coefficient-C 2=F2/F1 and ] as amendment coefficient-C 4=F4/F1 about amendment coefficient-C 3=F3/F1 and a tire W4 (Step S45).

[0080] And this called-for amendment coefficient C 2, and C3 and C4 are memorized by non-volatile memory 27 (Step S46). On the other hand, the initialization flag written in non-volatile memory 27 is eliminated (Step S47), the tire display lamp of a drop 22 is switched off (Step S48), and this processing is ended. When it distinguishes whether, as for CPU24, the initialization flag is written in non-volatile memory 27 when DWS

operates (i.e., when the ignition key of vehicles is turned on) and the initialization flag is written in after initialization processing finishes, it is made displayed on a drop 22 that the demand requires initialization for the second time. Or a buzzer etc. may report.

[0081] Next, judgment processing of a reduced pressure tire is explained with reference to the flow chart shown in drawing 14 . First, the wheel speed pulse given from the binary-ized circuit 14 of the control unit for ABS explained by drawing 4 is read (Step S51). and this read wheel speed pulse — pulse reading prohibition conditions \*\*\*\*\* — (— (1) in the case of forbidding detection of the air failure mentioned above — the time —) is distinguished (Step S52), and subsequent processing is not performed when it is pulse reading prohibition conditions

[0082] When it is not pulse reading prohibition conditions, the angular rates of rotation F1, F2, F3, and F4 of each tire are computed (Step S53). And distinction of whether to have been the detection prohibition conditions ((2) – in the case of forbidding detection of the air failure mentioned above (6)) which vehicles mentioned above based on the computed angular rates of rotation F1–F4 is carried out (Step S54). Subsequent processing is not performed when vehicles are detection prohibition conditions.

[0083] When vehicles are not detection prohibition conditions, it is distinguished whether the angular rates of rotation F1–F4 still need to be amended (Step S55). Although amendment changes by whether it is under [ rolling-stock-run speed and cornering ] \*\*\*\*\* as mentioned above, when amendment is required, amendment of the angular rates of rotation F1–F4 of each computed tire is carried out (Step S56).

[0084] And the sum of the angular rate of rotation of one pair of tires which are on the diagonal line mentioned above based on the angular rates of rotation F1–F4 after amendment, for example,  $F1+F4$ , Specification of a tire to which the existence of an air-failure tire as mentioned above was judged based on the above-mentioned judgment formula (3) which took the ratio  $dF$  of sum  $F2+F3$  of the angular rate of rotation of one more pair of tires on other diagonal lines, and pneumatic pressure fell is carried out (Step S57).

[0085] Although the angular rate of rotation of tires W1–W4 was computed using the output pulse of the wheel speed sensor 1 with which ABS is equipped, you may make it attach the wheel speed sensor only for DWS(s) in an above-mentioned example to the vehicles with which it does not have ABS.

[0086]

[Effect of the Invention] According to invention a claim 1 or given in three, based on

each angular rate of rotation of four tires, it is correctly detectable whether the air failure has arisen into one of tires, and moreover, when incorrect detection may be produced, detection is not performed. Moreover, according to invention according to claim 2 or 3, when the air failure of a tire arises, a driver can be promptly told about it. Moreover, according to invention according to claim 3, whenever a driver turns on an ignition switch, it can check that a display means or tire-pressure fall detection equipment is operating normally.

[0087] So, since it can consider as the equipment which can perform exact detection and the angular rate of rotation of a tire is moreover used for detection, equipment can be constituted cheaply. Moreover, in the state where the angular rate of rotation cannot detect correctly, since it was made not to perform tire-pressure fall detection processing if based on the angular rate of rotation which may not be exact, it can consider as the tire-pressure fall detection equipment which can output only a reliable detection result.

---

[Translation done.]

2000-000000

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the outline of vehicles in which the tire-pressure fall detection equipment (DWS) concerning one example of this invention and well-known ABS were carried conventionally.

[Drawing 2] It is the perspective diagram showing an example of the attachment structure of a wheel speed sensor.

[Drawing 3] It is an illustration view for explaining the rotation detection principle by the wheel speed sensor.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the electric composition of DWS concerning one example of this invention.

[Drawing 5] It is the circuit block diagram showing the electric composition of DWS concerning other examples of this invention.

[Drawing 6] It is the block diagram showing the example of circuitry of DWS concerning the example of further others of this invention.

[Drawing 7] It is drawing which expresses a relation with a measurement period as the wheel speed pulse inputted into CPU24.

[Drawing 8] It is the flow chart which shows the angular-rate-of-rotation calculation procedure of a tire.

[Drawing 9] It is a timing chart for explaining other arts of angular-rate-of-rotation calculation processing of a tire.

[Drawing 10] It is a flow chart showing the procedure when computing the angular rate of rotation explained by drawing 9 .

[Drawing 11] It is the array view of the tire of four-flower vehicles.

[Drawing 12] It is an illustration view for explaining the force of acting on each tire when Width G starts vehicles.

[Drawing 13] It is the flow chart which shows an initialization manipulation routine required before judgment processing of a reduced pressure tire.

[Drawing 14] It is a flow chart showing judgment processing of a reduced pressure tire.

[Drawing 15] It is a graph showing the influence of the pneumatic pressure to the dynamic load radius of a tire.

[Drawing 16] It is a graph showing the influence of a load to the dynamic load radius of a tire.

[Drawing 17] It is a graph showing the influence of speed to the dynamic load radius of a tire.

[Drawing 18] It is drawing showing the influence of the slip angle and camber angle to the dynamic load radius of a tire.

[Drawing 19] It is a graph showing the influence of the drive of vehicles to the dynamic load radius of a tire, or braking.

[Drawing 20] It is a graph showing the relation between the dynamic load radius of a tire, and a tire wear.

[Description of Notations]

1 Wheel Speed Sensor

10 Sensor Rotor

15 Initialization Switch

21 Control Unit for DWS

22 Drop

24 CPU

27 Non-volatile Memory

W1, W2, W3, W4 Tire

F1, F2, F3, F4,  $\omega$  The angular rate of rotation of a tire

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CORRECTION or AMENDMENT**

---

[Official Gazette Type] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of patent law.

[Section partition] The 5th partition of the 2nd section.

[Date of issue] June 10, Heisei 9 (1997).

[Publication No.] Publication number 6-92114.

[Date of Publication] April 5, Heisei 6 (1994).

[\*\*\*\* format] Open patent official report 6-922.

[Filing Number] Japanese Patent Application No. 4-246848.

[International Patent Classification (6th Edition)]

B60C 23/06

[FI]

B60C 23/06 A 7504-3B.

[Procedure revision]

[Filing Date] September 4, Heisei 8.

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] Claim 1.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[Claim 1] The angular-rate-of-rotation detection means for detecting the angular rate of rotation of each tire which is tire-pressure fall detection equipment for the four-flower vehicles which have four tires, and was prepared corresponding to each of

four tires,

A distinction means to distinguish whether it is the state defined beforehand where the above-mentioned four-flower vehicles do not fit tire-pressure fall detection, It is tire-pressure fall detection equipment carry out containing a reduced-pressure tire detection means detect whether the air failure has arisen into the tire as the feature by not performing the operation for detection, when the above-mentioned distinction means has distinguished from the state are not suitable for the above-mentioned detection, but measuring the angular rate of rotation of four tires detected with the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means, when having not distinguished from the state are not suitable for the above-mentioned detection.

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] Claim 6.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[Claim 6] In tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 About the state of not being suitable for the above-mentioned tire-pressure fall detection and of setting beforehand

- (1) When four-flower vehicles are in the low-speed state below predetermined speed,
- (2) When sudden-accelerating or sudden slowing down above the rate which four-flower vehicles define beforehand,
- (3) When carrying out the cornering of the road of a radius with four-flower vehicles smaller than the radius of curvature defined beforehand,
- (4) When the width G beyond the value beforehand set to four-flower vehicles has occurred,
- (5) the time of the rate of a value change of the width G which is a time of moving to a straight-line run state, and this produces from a cornering state being over the default value defined beforehand, when 4 \*\*\*\*\* move from a straight-line run state to a cornering — or
- (6) While the specific equipment with which four-flower vehicles were equipped is operating, it is characterized by including each all [ a part or ] of all of \*\*.

[Procedure amendment 3]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] 0013.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[0013] Invention according to claim 1 is tire-pressure fall detection equipment for the four-flower vehicles which have four tires, and corresponds to each of four tires. The angular-rate-of-rotation detection means for detecting the angular rate of rotation of each prepared tire, A distinction means to distinguish whether it is the state defined beforehand where the above-mentioned four-flower vehicles do not fit tire-pressure fall detection, When the above-mentioned distinction means has distinguished from the state of not being suitable for the above-mentioned detection and it has not distinguished from the state where do not perform the operation for detection and it is not suitable for the above-mentioned detection By measuring the angular rate of rotation of four tires detected with the above-mentioned angular-rate-of-rotation detection means, it is characterized by including a reduced pressure tire detection means to detect whether the air failure has arisen in a tire.

[Procedure amendment 4]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] 0016.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[0016] Invention according to claim 6 is the state that it is not suitable for the above-mentioned tire-pressure fall detection in tire-pressure fall detection equipment according to claim 1, 2, 3, 4, or 5 and of setting beforehand.

(1) When four-flower vehicles are in the low-speed state below predetermined speed,

(2) When sudden-accelerating or sudden slowing down above the rate which four-flower vehicles define beforehand,

(3) When carrying out the cornering of the road of a radius with four-flower vehicles smaller than the radius of curvature defined beforehand,

(4) When the width G beyond the value beforehand set to four-flower vehicles has occurred,

(5) the time of the rate of a value change of the width G which is a time of moving to a straight-line run state, and this produces from a cornering state being over the default value defined beforehand, when four-flower vehicles move from a straight-line run state to a cornering -- or

(6) While the specific equipment with which four-flower vehicles were equipped is operating, it is characterized by including each all [ a part or ] of all of \*\*.

[Procedure amendment 5]

[Document to be Amended] Specification.

[Item(s) to be Amended] 0078.

[Method of Amendment] Change.

[Proposed Amendment]

[0078] Subsequently, the display devices W1-W4 (refer to drawing 4) of four tires in a drop 22 are blinked, and a driver is told about initialization being under processing (Step S43). After this initialization switch 15 is pushed, by the driver, vehicles are straight-line runs and run by simultaneously constant speed. It is distinguished whether based on the wheel speed pulse from a wheel speed sensor, vehicles are straight-line runs and CPU24 is running by constant speed (Step S44). Vehicles are distinguished [ that it is / straight-line / under run, and ], when the pre-right-and-left tires W1 and W2, post-right-and-left tire W3, the difference of the angular rate of rotation of W4, or the ratio is not over both or a certain default value, as it mentioned above whether it was a straight-line run.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-92114

(43) 公開日 平成6年(1994)4月5日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

B 6 0 C 23/06

識別記号

庁内整理番号

A 8711-3D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全19頁)

(21) 出願番号 特願平4-246848

(22) 出願日 平成4年(1992)9月16日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 大川 康司

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 一色 功雄

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内

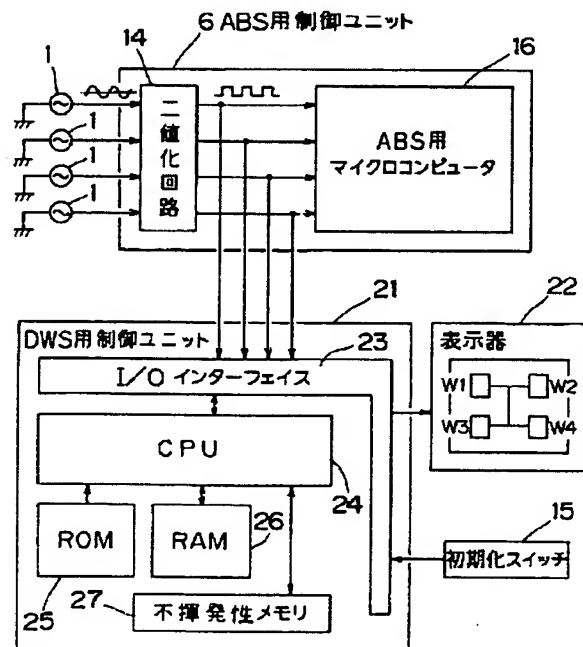
(74) 代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外2名)

(54) 【発明の名称】 タイヤ空気圧低下検出装置

(57) 【要約】

【目的】 タイヤの回転角速度を用いて、安価に、かつ、正確に減圧タイヤを検出できるタイヤ空気圧低下検出装置 (DWS) を提供すること。

【構成】 車両に既設されたABSの車輪速センサ1および2値化回路14を活用する。2値化回路14から出力される4つの車輪速パルスにより、CPU24は各タイヤW1～W4の回転角速度を算出する。また、不揮発性メモリ27に記憶されている検出禁止条件のときは検出を行わない。検出禁止条件のときは、車両がごく低速状態のとき、車両が急加速、急減速時、車両が急なコーナリング中、車両に大きな横Gが生じているとき、車両の挙動が過渡状態のとき、または、車両に備えられたABS、パーキングブレーキ等が作動中のときである。このようなときには減圧タイヤの検出を行わないことにより、誤検出を防止でき、信頼性の高い装置とすることができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 4つのタイヤを有する四輪車両のためのタイヤ空気圧低下検出装置であって、4つのタイヤのそれぞれに対応して設けられた各タイヤの回転角速度を検出するための回転角速度検出手段、

上記四輪車両がタイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態か否かを判別する判別手段、

上記判別手段が上記検出に適しない状態と判別しているときには検出のための演算は行わず、上記検出に適しない状態と判別していない場合には、上記回転角速度検出手段で検出される4つのタイヤの回転角速度から、四輪車両における4つのタイヤのうちの対角線上にある1対のタイヤの回転角速度の和と、他の1対のタイヤの回転角速度の和との比を求める演算手段、および上記演算手段の演算した比が予め定める所定値よりも大きいかまたは小さいかによって、タイヤに空気圧低下が生じていることを検出する減圧タイヤ検出手段、を含むことを特徴とするタイヤ空気圧低下検出装置。

【請求項2】 請求項1記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、さらに、

上記減圧タイヤ検出手段の検出結果を表示するための表示手段、を含むことを特徴とするものである。

【請求項3】 請求項2記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、

前記表示手段は、4つのタイヤに対応する表示素子を備え、空気圧が低下したタイヤが検出されたとき、そのタイヤに対応する表示素子が点灯または点滅するようにされ、また、車両のイグニッションスイッチがオンされて後、一定時間は表示素子がすべて点灯するようにされていることを特徴とするものである。

【請求項4】 請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、

上記回転角速度検出手段は、タイヤの回転に応じてパルスを出力するパルス出力手段と、

パルス出力手段から出力されるパルス数を計数する計数手段とを含むことを特徴とするものである。

【請求項5】 請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、

上記回転角速度検出手段は、タイヤの回転に応じてパルスを出力するパルス出力手段と、

パルス出力手段から出力されるパルスの発生間隔を計測する計測手段とを含むことを特徴とするものである。

【請求項6】 請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、

上記タイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態とは、

(1) 四輪車両が所定速度以下の低速状態のとき、

(2) 四輪車両が予め定める割合以上で急加速または急減速しているとき、

(3) 四輪車両が予め定める曲率半径よりも小さな半径

2

の道路をコーナリングしているとき、

(4) 四輪車両に予め定める値以上の横Gが発生しているとき、

(5) 四輪車両が直線走行状態からコーナリングに移るとき、もしくはコーナリング状態から直線走行状態に移るときであって、それにより生じる横Gの値の変化率が予め定める規定値を越えているとき、または、

(6) 四輪車両に備えられた特定の装置が作動しているとき、を含むことを特徴とするものである。

## 10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、四輪車両のためのタイヤの空気圧低下検出に関するものであり、特に、4つのタイヤの回転数に基づいて、空気圧の低下したタイヤを検出する装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 乗用車、トラック等の四輪車両のための安全装置の1つとして、タイヤの空気圧低下を検出する装置が発明され、一部には実用化されているものもある。車両タイヤの空気圧低下検出に対する要求は、特に、ヨーロッパにおいて高い。というのは、高速道路の発達したヨーロッパ諸国においては、高速走行中の車両タイヤの空気圧低下は、大事故を招くおそれがあるからである。

【0003】 従来の実用化されたタイヤ空気圧低下検出装置として、直接、タイヤ空気圧を測定するものがある。この従来装置では、タイヤ中に圧力センサが設けられ、タイヤ空気圧が圧力センサで直接測定される。そして、測定されたタイヤ空気圧は、車体側に設けられた処理装置へ与えられる。圧力センサと処理装置とは、たとえば電磁的に結合されており、機械的に非接触状態で信号の授受が可能とされている。処理装置で処理されたタイヤ空気圧は、表示器等に表示される構成になっている。

【0004】 また、他の従来技術として、4つのタイヤの回転角速度を検出し、各タイヤの回転角速度を基に、相対的に空気圧が低下しているタイヤを検出するためのタイヤ空気圧低下検出方法が提案されている（たとえば特開昭63-305011号公報参照）。この従来の検出方法では、対角線上の1対のタイヤの回転角速度の和から、他の対角線上のもう1対のタイヤの回転角速度の和を引算し、その結果が2つの合計の平均値より0.05%~0.6%、好ましくは、0.1%~0.3%の間にあれば、減圧タイヤを検知するようにされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術のうち、前者のタイヤ中に圧力センサを設ける構成のものでは、非常に高価であるという欠点がある。また、タイヤ中に設けられた圧力センサから車体側に設けられた処理装置へは電磁的に信号が伝送されるが、信号伝送時にエラー

3

を生じやすいという欠点がある。特に、車両は悪条件下、たとえば地磁気の多い道路を走行することもあり、電磁的な信号伝送に対する障害も多い。

【0006】一方、上記従来技術のうちの後者のタイヤの回転角速度を基に減圧タイヤを検出する方法には、次のような欠点がある。すなわち、減圧タイヤの回転角速度の変化分を取り出すために、4つのタイヤの回転角速度の平均値を基準量とし、その基準量に基づいて減圧タイヤにおける変動分を検出するようにされている。それゆえ、基準量にも減圧タイヤの回転角速度が含まれており、基準量が正確でなく、検出精度が良くないという欠点がある。

【0007】この発明は、このような従来技術を背景としてなされたもので、比較的安価に装置を構成でき、しかも、感度良く正確にかつ迅速に空気圧が低下したタイヤを検出するための装置を提供することを目的とする。なお、この発明のより基本的な目的は、次の通りである。まず、ランフラットタイヤの開発に関連している。ランフラットタイヤは、パンクした状態でも、たとえば80Km/h以下で300Km程度は走れるようにされたタイヤである。このようなランフラットタイヤを装着した車両においては、タイヤがパンクして空気圧低下を起こしていても、ドライバが気付かないことが多い。パンクした状態において、速度限界を越えた速度で走行したり、走行距離限界を越えて走行していると、タイヤがバースト等し、事故につながるおそれがある。それゆえ、当初はこのようなランフラットタイヤに対する空気圧低下を検出するのが1つの目的であった。

【0008】また、他の目的としては、タイヤの空気が少し抜けた場合、たとえば0.5気圧抜けた場合に、速やかにそれを検出してドライバに知らせ、事故が生じるのを未然に防止したいということであった。通常、タイヤの空気が0.5気圧程度抜けても、ドライバはそれに気付かないことが多いから、それを検知できる装置が望まれていたのである。

【0009】さらに、他の基本的な目的としては、タイヤに釘等が刺さって、ある程度ゆっくりと、たとえば20～30秒以上の時間を要して空気圧が低下する場合に、それを速やかに検出したいという要求に応えるためになされたものである。以上のように、この発明は、タイヤの空気圧低下を検出して、事故を未然に防ぎたいという基本的な立場に立脚してなされたもので、それを実現するための安価でかつ精度の良い装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

発明の原理：4つのタイヤを有する車両において、各タイヤが実際に地面に接地している面、つまりトレッドの中心からタイヤの回転中心までの距離は、そのタイヤの動荷重半径と称される。この動荷重半径は、

4

- ①タイヤの空気圧の変化（図15参照）、
- ②タイヤにかかる荷重の変化（図16参照）、
- ③タイヤの回転速度、つまり車両の走行速度の変化（図17参照）、
- ④タイヤのスリップ角の変化（図18参照）、
- ⑤タイヤのキャンバー角の変化（図18参照）、
- ⑥車両が加速中または制動中（図19参照）、
- ⑦車両がコーナリング中、
- ⑧タイヤの摩耗（図20参照）、

10 等により変化する。あるタイヤの動荷重半径が変化すると、任意の車両速度において、その変化が発生したタイヤの回転速度は他のタイヤの回転速度に對し変化することになる。

【0011】そこで、この発明においては、

- a. タイヤの回転速度の変化を検出する、
- b. タイヤの動荷重半径に及ぼす空気圧以外の変動要因（上記の②～⑧）を、各タイヤの動荷重半径の情報を適切に処理することにより排除する、
- c. その結果、タイヤ空気圧と動荷重半径との関係を抽出し、タイヤ空気圧変化を検知する、という手順に基づき、空気圧が低下したタイヤを検出するものである。

ABSの利用：この発明においては、好ましくは、車両に既設されたABS（Antilock-Braking-System）を有効に利用する。

【0012】ABSは、現在、ヨーロッパにおいては全車両の約35%、日本においては全車両の約15～16%の普及率で取り付けられている。このABSは、4つのタイヤの回転状態を検出するための車輪速センサを有しており、タイヤが空転するスリップ状態か否かの検出をして、ブレーキの油圧を制御するシステムである。ABSの信号系統は、上述のようにブレーキの油圧を制御して、ブレーキをかけない方向へ制御するものであるから、もし誤動作すれば車両は非常に危険な状態になる。そこで、高信頼性の信号系統が採用されている。この発明の好ましい態様では、この信頼できる信号系統から得られる車輪速センサの信号を利用することにより、安価に、信頼性の高いタイヤ空気圧低下検出装置を実現したものである。

【0013】請求項1記載の発明は、4つのタイヤを有する四輪車両のためのタイヤ空気圧低下検出装置であって、4つのタイヤのそれぞれに對して設けられた各タイヤの回転角速度を検出するための回転角速度検出手段、上記四輪車両がタイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態か否かを判別する判別手段、上記判別手段が上記検出に適しない状態と判別しているときには検出のための演算は行わず、上記検出に適しない状態と判別していない場合には、上記回転角速度検出手段で検出される4つのタイヤの回転角速度から、四輪車両における4つのタイヤのうちの対角線上にある1対のタイヤの回転角速度の和と、他の1対のタイヤの回転角速度の和と

5

の比を求める演算手段、および上記演算手段の演算した比が予め定める所定値よりも大きいまたは小さいかによって、タイヤに空気圧低下が生じていることを検出する減圧タイヤ検出手段、を含むことを特徴とするものである。

【0014】請求項2記載の発明は、請求項1記載のタイヤ空気圧低下検出装置は、さらに、上記減圧タイヤ検出手段の検出結果を表示するための表示手段、を含むことを特徴とするものである。請求項3記載の発明は、請求項2記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、前記表示手段は、4つのタイヤに対応する表示素子を備え、空気圧が低下したタイヤが検出されたとき、そのタイヤに対応する表示素子が点灯または点滅するようにされ、また、車両のイグニッションスイッチがオンされて後、一定時間は表示素子がすべて点灯するようにされていることを特徴とするものである。

【0015】請求項4記載の発明は、請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、上記回転角速度検出手段は、タイヤの回転に応じてパルスを出力するパルス出力手段と、パルス出力手段から出力されるパルス数を計数する計数手段とを含むことを特徴とするものである。請求項5記載の発明は、請求項1、2または3記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、上記回転角速度検出手段は、タイヤの回転に応じてパルスを出力するパルス出力手段と、パルス出力手段から出力されるパルスの発生間隔を計測する計測手段とを含むことを特徴とするものである。

【0016】請求項6記載の発明は、請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、上記タイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態とは、(1)四輪車両が所定速度以下の低速状態のとき、(2)四輪車両が予め定める割合以上で急加速または急減速しているとき、(3)四輪車両が予め定める曲率半径よりも小さな半径の道路をコーナリングしているとき、(4)四輪車両に予め定める値以上の横Gが発生しているとき、(5)四輪車両が直線走行状態からコーナリングに移るとき、もしくはコーナリング状態から直線走行状態に移るときであって、それにより生じる横Gの値の変化率が予め定める規定値を越えているとき、または、(6)四輪車両に備えられた特定の装置が作動しているとき、を含むことを特徴とするものである。

【0017】

【作用】請求項1ないし6記載の発明によれば、四輪車両において、回転角速度検出手段により検出される4つのタイヤの各回転角速度に基づいて、いずれかのタイヤに空気圧低下が生じている場合に、それを正確に検出することができる。しかも、演算手段は、四輪車両がタイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態のときには演算を行わないから、誤った演算が未然に防止され、正しい検出結果のみを導き出すことができる。

6

【0018】また、請求項2記載の発明によれば、4つのタイヤのいずれかのタイヤに空気圧低下が生じた場合に、それを速やかにドライバに知らせることができる。さらに、請求項3記載の発明によれば、イグニッションスイッチがオンされて後一定時間は表示素子がすべて点灯または点滅するため、ドライバは表示手段またはタイヤ空気圧低下検出装置自体が故障していないことを確認することができる。

【0019】

10 【実施例】以下には、図面を参照して、この発明の実施例について詳細に説明する。図1は、この発明の一実施例にかかるタイヤ空気圧低下検出装置（以下「DWS」という。）および従来公知のABSが搭載された車両の概要を示す図である。

【0020】この車両に搭載されたABSは、4つのタイヤW1、W2、W3、W4にそれぞれ関連して設けられた車輪速センサ1の出力に基づき、各車輪のブレーキ2のブレーキ圧力を電子的に制御することによって、急制動動作時における車輪のロック状態を回避する装置である。すなわち、ブレーキペダル3が強く踏み込まれると、マスタシリンダ4からの液圧は、液圧ユニット5で制御されて各車輪のブレーキ2に伝達される。この液圧ユニット5には4つの車輪速センサ1の出力をモニタしているABS用制御ユニット6が接続されている。ABS用制御ユニット6では、各車輪速センサ1の出力に基づいて、いずれかの車輪のいわゆるロック状態が判別されると、液圧ユニット5を制御して、ロック状態の車輪のブレーキ2のブレーキ圧を減少させる。

30 【0021】ところで、上記ABSにおいては、各車輪速センサ1から与えられるアナログ信号は、ABS用制御ユニット6において、まず、2値化処理がされ、2値化済車輪速信号（以下、「車輪速パルス」という。）が処理用に用いられる。一方、この実施例にかかるDWSは、DWS用制御ユニット11、DWS用制御ユニット11に接続された表示器12、および、DWS用制御ユニット11に接続されており、ドライバによって操作される初期化スイッチ15を備えている。そして、DWS用制御ユニット11は、ABS用制御ユニット6から車輪速パルスの供給を受け、該車輪速パルスに基づいていずれかのタイヤW1～W4の空気圧低下を検出するようにされている。そして、いずれかのタイヤW1～W4の空気圧低下が検出されると、その結果は表示器12に表示される。表示器12では、後述するように、空気圧低下タイヤが表示される。

40 【0022】図2は、図1において説明した車輪速センサ1の取付構造の一例を示す斜視図である。車軸7の端部にはホイール取付部材8およびブレーキディスク9が固着されている。ブレーキディスク9の内側には車軸7と一体的に回転するセンサロータ10が取り付けられている。センサロータ10の全周面には突出する複数の歯

7

が一定のピッチで形成されている。このセンサロータ10の周面に所定間隔を隔てて対向するように、かつ、回転しない固定的な状態で車輪速センサ1が取り付けられている。

【0023】図3は、この車輪速センサ1による回転検出原理を説明するための図解図である。車輪速センサ1は、永久磁石11が作る磁束 $\phi$ を、ポールピース12によりセンサロータ10に導くとともに、ポールピース12に巻き回したコイル13の両端に生じる起電力 $e_i$ を取り出すようにしたものである。ポールピース12の先端12aと、センサロータ10との間には空隙 $g$ が形成されている。センサロータ10は、前述したように車軸7に固定されており、車軸7の回転、換言すればタイヤの回転とともに回転する。また、センサロータ10の周面には、前述したように、多数の歯10aが一定ピッチで突設されている。よって、ポールピース12の先端12aとセンサロータ10の周面との空隙 $g$ は、センサロータ10の回転に伴って変化する。この空隙 $g$ の変化により、ポールピース12を貫く磁束 $\phi$ が変化するから、この磁束 $\phi$ の変化に応じた起電力 $e_i$ がコイル13の両端に発生することになる。起電力 $e_i$ は、センサロータ10の回転に対応した周波数で変化するから、結局、タイヤの回転速度に対応する周波数の電圧信号 $e_i$ が得られる。

【0024】この実施例では、センサロータ10の周面に突設された歯10aは、たとえば45個程度設けられている。それゆえ、センサロータ10が1回転すると、45個の歯10aがポールピース12の先端12aと対向する。よって、センサロータ10が1回転すると、つまりタイヤが1回転すると、コイル13の両端には45個の交流信号が発生する。

【0025】図4は、この発明の一実施例にかかるDWSの電気的な構成を示すブロック図である。図1において説明したように、4つの車輪速センサ1の検出信号は、ABS用制御ユニット6へ与えられる。ABS用制御ユニット6には2値化回路14およびABS用マイクロコンピュータ16が含まれている。ABS用制御ユニット6へ与えられた車輪速センサ1の検出信号は、まず、2値化回路14において2値化された後、ABS用マイクロコンピュータ16へ供給される。

【0026】この実施例にかかるDWSは、前述したように、上記ABSの車輪速センサ1の検出信号が与えられるようにされている。この場合において、各車輪速センサ1の検出信号は直接DWS用制御ユニット21に与えられるようにされているのではなく、ABS用制御ユニット6内の2値化回路14において2値化された後の車輪速パルスが、DWS用制御ユニット21へ与えられるようにされている。

【0027】このような接続構成にすると、2つの大きなメリットがある。1つのメリットは、DWS用制御ユ

8

ニット21の車輪速信号入力部分に万一故障が発生しても、その故障がABS用制御ユニット6に致命的な影響を与えるのを防止できるということである。もし、DWS用制御ユニット21が車輪速センサ1の出力を直接取り込む構成にされている場合、すなわち、各車輪速センサ1の信号線が分岐されてDWS用制御ユニット21に接続されている場合、この分岐された信号線のいずれかがたとえばグラウンドレベルになると、誤った車輪速検出信号がABS用制御ユニット6の2値化回路14に与えられてしまう。そしてこの結果、ABS用マイクロコンピュータ16が誤動作を起こす可能性がある。そこでこの実施例のように、ABS用制御ユニット6内の2値化回路14によって2値化された後の車輪速パルスをDWS用制御ユニット21へ与えるようにすれば、たとえDWS用制御ユニット21の車輪速検出信号入力部分に故障が発生しても、その故障はABS用制御ユニット6に致命的な影響を与えることはない。

【0028】もう1つのメリットは、2値化済の車輪速パルスがDWS用制御ユニット21へ与えられるため、DWS用制御ユニット21の車輪速信号入力部分の簡易化が図れるということである。さて、この実施例にかかるDWSには、上記車輪速パルスが与えられるDWS用制御ユニット21、表示器22および初期化スイッチ15が含まれている。DWS用制御ユニット21は、マイクロコンピュータによって構成されており、そのハードウェア構成には、図示のように、外部装置との信号の受け渡しに必要な入出力インターフェイス23、演算処理の中核としてのCPU24、CPU24の制御動作プログラムが格納されたROM25、CPU24が制御動作を行う際にデータ等が一時書込まれたり、その書込まれたデータが読出されるRAM26、および、電源OFF時にも記憶されたデータを保持しておくことができる不揮発性メモリ27が含まれている。RAM26には、後述するように、時刻メモリ用エリア、計測タイマ用エリア、パルスカウンタ用エリア、ワークレジスタ用エリア等が備えられている。また、不揮発性メモリ27には、後述するデータ却下条件、データ補正係数等が記憶されている。

【0029】DWS用制御ユニット21にて、2値化回路14から与えられる車輪速パルスに基づいて空気圧低下タイヤの検出がされると、その検出結果は表示器22へ出力されて表示される。表示器22における表示態様としては、図示のように、4つのタイヤW1、W2、W3、W4に対応する表示ランプまたは表示素子によって、空気圧が低下したタイヤが検出されたとき、そのタイヤに対応する表示素子が点灯されるようにされている。

【0030】また、表示ランプまたは表示素子W1～W4は、それ自身が故障していないことをドライバに知らせるため、車両のイグニッションスイッチがオンされて

後、一定時間はすべてが点灯するようにしておくことが好ましい。さらにまた、空気圧が低下したタイヤが検出されたことをドライバに知らせるために、表示器22に代えて、あるいは表示器22と併用して、合成音声等による聴覚的な報知装置を用いてもよい。

【0031】なお、図4における初期化スイッチ15の作用については、後に説明する。図5は、この発明の他の実施例にかかるDWSの電気的な構成を示す回路ブロック図である。図5に示す構成が図4に示す構成と異なる点は、DWS用マイクロコンピュータ28が、ABS用制御ユニット6内部に追加されていることである。このように、DWS専用のマイクロコンピュータを他のユニット、この実施例ではABS用制御ユニット6内に追加することにより、既存の制御ユニットを有効に活用することができ、制御ユニットの増加がなく、回路構成の縮小が図れるとともに、コスト削減も図れるという利点がある。

【0032】また、ABS用制御ユニット6内にDWS用マイクロコンピュータ28を追加するという図5の構成に代え、図6に示すように、ABS用マイクロコンピュータ16内に、ABS用プログラムに加えて、空気圧低下検出用プログラムを追加すれば、マイクロコンピュータのハードウェア構成は既存のABS用マイクロコンピュータ16をそのまま利用しながら、新たなプログラムの追加だけによって、DWSを構成することができる。

【0033】次に、図4で説明したDWS用制御ユニット21において、与えられる車輪速パルスが、どのようにしてCPU24で読取られるかについて説明をする。図4におけるCPU24に入力される車輪速パルスは、それぞれ、図7に示すようなパルス信号である。CPU24では、この与えられる各車輪速パルスを予め定める計測周期 $\Delta t$ ごとにカウントして、各タイヤW1~W4(図1参照)の回転角速度を算出する。

【0034】ところで、CPU24に入力される車輪速パルスの周期と、CPU24内の計測周期 $\Delta t$ とは非同期であるから、車輪速パルスの周期と計測周期 $\Delta t$ とが、図7(a)に示すような関係にあることもあれば、図7(b)に示すような関係になることもある。すなわち、図7(a)に示す場合は、計測周期 $\Delta t$ 内における車輪速パルスの立ち上がりエッジ数Nは、 $N=x$ であるが、図7(b)に示す場合は、計測周期 $\Delta t$ 内における車輪速パルスの立ち上がりエッジ数Nは、 $N=x-1$ になってしまう。このように、計測周期 $\Delta t$ の開始タイミングおよび終了タイミングと、車輪速パルスの立ち上がりエッジとの関係が異なると、同一計測周期 $\Delta t$ 内にカウントされる車輪速パルスのパルス数に±1個の誤差が生じることがある。特に、車両が低速走行中は、車輪速パルス数も少ないので、その誤差の割合も大きくなる。

【0035】そこで、この実施例においては、図7

(c)に示すように、各計測周期 $\Delta t$ 内の最後に検出された立ち上がりエッジの発生時刻、たとえば $t_{i-1}$ 、 $t_i$ を記憶するようにした。そして、タイヤの回転角速度 $\omega$ は、ある計測周期 $\Delta t$ 内にカウントされた車輪速パルスの立ち上がりエッジ数を $x$ とすれば、

$$\omega = (k1 \cdot x) / (t_i - t_{i-1}) \quad \dots (1)$$

但し、 $k1$ :定数

によって求めるようにした。この結果、車輪速パルスの周期と計測周期 $\Delta t$ とが非同期であることに基づく誤差は生じず、車輪速パルスを正確にカウントすることができ、誤差なく各タイヤの回転角速度を算出することができる。

【0036】図8は、CPU24(図4参照)における上述したタイヤの回転角速度算出処理手順を示すフローチャートである。次に、図8を参照して、タイヤの回転角速度の算出の仕方についてより具体的に説明をする。CPU24では、与えられる車輪速パルスのカウント処理が行われる。この処理は、図8(a)のフローチャートに従ってなされる。すなわち、車輪速パルスの立ち上がりエッジの入力が判別されると(ステップS1)、その立ち上がりエッジが入力された時刻が時刻メモリ(この時刻メモリは、図4におけるRAM26の記憶エリアが用いられる。)に記憶される(ステップS2)。そして、パルスカウンタ(このパルスカウンタも、RAM26の記憶エリアが用いられて構成されている。)のカウント値が+1される。

【0037】以上の処理が繰返される。一方、タイヤの回転角速度算出処理は、図8(b)に示すフローチャートに従って行われる。すなわち、計測周期 $\Delta t$ を計時する計測タイマ(この計測タイマも、たとえばRAM26の記憶領域が用いられて形成されている。)の計時時刻が $\Delta t$ に達したか否かの判別がされ(ステップS11)、計測タイマが計測周期 $\Delta t$ ( $\Delta t$ は、たとえばコンマ数秒~数秒程度に設定することができる。)に達したと判別されると、計測タイマはリセットされる(ステップS12)。これにより、計測タイマは再度0から計時を始める。また、RAM26の記憶エリアに形成されたワークレジスタW1にストアされている前回の計測周期における最後の立ち上がりパルスが検出された時刻 $t_{i-1}$ が、別のワークレジスタW2に移される(ステップS13)。そして、ワークレジスタW1には、時刻メモリに記憶されている時刻 $t_i$ (ステップS2で記憶された時刻)がストアされる(ステップS14)。

【0038】この結果、ワークレジスタW2には1つ前の計測周期における最後の立ち上がりエッジが検出された時刻 $t_{i-1}$ がストアされ、ワークレジスタW1には今回の計測周期における最後の立ち上がりエッジが検出された時刻 $t_i$ がストアされていることになる。次いで、パルスカウンタの値がさらに別のワークレジスタW3にストアされる。そしてパルスカウンタはクリアされる。

11

【0039】そして、3つのワークレジスタW1、W2、W3にストアされているデータが読出され、タイヤの回転角速度 $\omega$ が算出される(ステップS16)。この算出は、上述した式(1)に基づいてなされる。以上のようにして、計測周期 $\Delta t$ ごとに、車輪の回転角速度が、誤差なく正確に算出される。

【0040】上述の場合、車輪速パルスの立ち上がりエッジの検出に代えて、立ち下がりエッジを検出するようにしてもよい。以上説明した車輪速パルス数のカウント処理およびタイヤの回転角速度の算出処理は、車輪速センサ1が4個備えられているから、各車輪速センサごとにそれぞれ行われる。

【0041】以上のようなタイヤの回転角速度算出処理に代えて、次のような算出処理を行ってもよい。すなわち、図9を参照して、計測開始後、最初の車輪速パルスの立ち上がりエッジ(あるいは立ち下がりエッジ)が検出された時刻 $t_1$ を記憶し、タイヤ1回転あたりの車輪速パルスの立ち上がり(あるいは立ち下がり)エッジ数 $N_0$ の整数 $n$ ( $n=1, 2, 3, \dots$ )倍+1個目の車輪速パルスの立ち上がりエッジ(あるいは立ち下がりエッジ)の検出時刻 $t_2$ を記憶し、タイヤの回転角速度 $\omega$ を、下記式(2)

$$\omega = (k_2 \cdot n) / (t_2 - t_1) \quad \dots (2)$$

但し、 $k_2$ :定数

によって算出してもよい。このような回転角速度の算出方法を用いた場合は、センサロータ10(図3参照)における歯10aの突設ピッチがばらついていても、そのばらつきにより回転角速度 $\omega$ に誤差が生じることがない。したがって、より正確な回転角速度の算出が行える。

【0042】なお、この回転角速度の算出も、4つの車輪速センサ1からの車輪速パルスがそれぞれ検出され、それぞれのタイヤW1~W4について、回転角速度が算出される。図10は、図9を参照して説明した回転角速度の算出を行うときのCPU24における処理手順を表わすフローチャートである。

【0043】次に、図10を参照して、より具体的に回転角速度の算出の仕方を説明する。車輪速パルスの計測が開始されると、車輪速パルスのたとえば立ち上がりエッジが検出される(ステップS21)。そして最初の立ち上がりエッジが検出されると、その検出時刻 $t_1$ が時刻メモリ1に記憶される(ステップS22)。また、パルスカウンタのカウント値が「1」にされる(ステップS23)。

【0044】その後、次の車輪速パルスの立ち上がりエッジが検出されたか否かが判別され(ステップS24)、立ち上がりエッジが検出されるごとに、パルスカウンタは+1される(ステップS25)。そして、パルスカウンタのカウント値が予め定められたタイヤ1回転あたりの車輪速パルスの立ち上がり数 $N_0$ の整数 $n$ 倍に

12

なったか否かが判別され(ステップS26)、パルスカウンタの値が $N_0 \times n$ に達するまで、ステップS24およびS25の処理が繰返される。

【0045】そしてパルスカウンタのカウント数が $N_0 \times n$ になったことが判別され、その次の車輪速パルスの立ち上がりエッジが検出されると(ステップS26、S27でそれぞれYES)、ステップS24で検出された最後の車輪速パルスの立ち上がりエッジが検出された時刻 $t_2$ が時刻メモリ2に記憶される(ステップS28)。

【0046】そして、パルスカウンタは次の計測開始に備えてクリアされ(ステップS29)、時刻メモリ1および時刻メモリ2に記憶された時刻を用いて上述の式(2)によりタイヤの回転角速度 $\omega$ が算出される(ステップS30)。なお、この図10で述べた時刻メモリ1および時刻メモリ2も、図4におけるRAM26の記憶エリアを用いて形成される。

【0047】なお、図8または図10を参照して説明した上記の回転角速度 $\omega$ の検出処理は、4つの車輪速センサ1からの各車輪速パルスに基づいて、並列的に、4つのタイヤの回転角速度が同時に算出されるようにするのが好ましい。なぜならば、後述するように、タイヤ空気圧の低下検出は、4つのタイヤの回転角速度を基に相対的に空気圧が低下しているタイヤが検出されるため、各タイヤの回転角速度は、同時刻に検出された回転角速度であることがより正確な検出に繋がるからである。

【0048】次に、タイヤ空気圧の低下検出の仕方について説明をする。図11に示す四輪車両のタイヤの配列図において、前左タイヤW1の回転角速度をF1、前右タイヤW2の回転角速度をF2、後左タイヤW3の回転角速度をF3、および、後右タイヤW4の回転角速度をF4とする。このとき、対角線上にある1対のタイヤW1およびW4の回転角速度の和 $F1 + F4$ と、他の対角線上にあるもう1対のタイヤW2およびW3の回転角速度の和 $F2 + F3$ との比 $dF$ を求めることにより、次のタイヤ空気圧の低下を検知する判定式(3)を得ることができる。

【0049】

$$dF = (F1 + F4) / (F2 + F3) \quad \dots (3)$$

今、4つのタイヤW1~W4の空気圧がすべて正常であれば、 $F1 \sim F4$ は、いずれも等しくなるから、 $dF = 1$ となる。一方、いずれか1つのタイヤの空気圧が低下した場合は、 $dF \neq 1$ となる。よって、

$$dF > (1 + a_1) \text{、または、} dF < (1 - a_2)$$

但し、 $a_1$ 、 $a_2$ :定数

のとき、いずれかのタイヤの空気圧が低下していることを検知できる。

【0050】上述の判定式(3)を用いると、4つのタイヤのうち、減圧タイヤの回転角速度を、他の正常な空気圧の3つのタイヤとの相対的な変化分として検出でき

る。よって、従来技術において説明したように、比較基準量の中に減圧タイヤの回転角速度が含まれないため、検出精度が変動したり悪化せず、精度の良い検出が可能となる。

【0051】この実施例にかかる判定式(3)を用いれば、4つのタイヤW1~W4のうちのいずれか1つのタイヤ、または、対角線上にある2つのタイヤW1とW4またはW2とW3の空気圧の低下を正しく検出することができる。次に、タイヤの空気圧低下が検出された場合において、4つのタイヤW1~W4のうちのどのタイヤの空気圧が低下しているかの特定の仕方について説明をする。

【0052】上述の判定式(3)において、 $dF > 1$ であれば、減圧タイヤはW1またはW4、 $dF < 1$ であれば、減圧タイヤはW2またはW3、と特定できる。さらに、上述の場合において、車両が直進状態では、  
 $F1 > F2$ ならば、減圧タイヤはW1  
 $F1 < F2$ ならば、減圧タイヤはW2  
 $F3 > F4$ ならば、減圧タイヤはW3  
 $F3 < F4$ ならば、減圧タイヤはW4  
と特定できる。

【0053】ところで、上述した判定式(3)を用いることによって、対角線上にない2つのタイヤ、たとえば2つの前タイヤW1、W2、または、2つの後タイヤW3、W4が、同時に空気圧低下を生じた場合は、そのタイヤ空気圧低下を検出できないことがある。よって、上述した判定式(3)によるタイヤ空気圧低下の検出判定を行った後、車両がほぼ一定速度でかつほぼ直線走行を行っている条件下において、前タイヤW1、W2の回転角速度の和 $F1 + F2$ と、後タイヤW3、W4の回転角速度の和 $F3 + F4$ とを比較し、大小があれば、大きな方が空気圧低下を生じているタイヤであると特定するようにすることが好ましい。すなわち、

$(F1 + F2) / (F3 + F4) > C_0$ 。 ( $C_0$  : 車両で決まる定数) ならば、W1およびW2が空気圧低下を生じており、

$(F1 + F2) / (F3 + F4) < C_0$ 。 ( $C_0$  : 車両で決まる定数) ならば、W3およびW4が空気圧低下を生じている、と判定するのが好ましい。

【0054】上述の場合における車両は一定速度走行であるか否かの判断は、次のようにして行えばよい。すなわち、4つの車輪速センサから得られる4つのタイヤの回転角速度の平均値の変化率が、或る規定値内にあるときは、一定走行であると判断することができる。一方、その或る規定値外になったとき、たとえば変化率が規定値よりも増加方向に増えたときは車両は加速状態であると判断することができ、逆に変化率が或る規定値よりも減少方向に越えた場合は、車両は減速状態であると判断することができる。このように、車両が一定速度走行状態か否かを上述のように車輪速センサの出力に基づいて

判断することにより、このDWSにおいてGセンサ等を設けなくてもよく、簡易な構成にできるという利点がある。

【0055】ところで、上述した判定式(3)を用いたタイヤ空気圧の低下検出は、前述したように、タイヤの動荷重半径が変化すると、その変化が発生したタイヤの回転角速度が他のタイヤの回転角速度に対し変化するという根拠に基づいている。ところが、前述したように、タイヤの動荷重半径は、①タイヤ空気圧の変化だけでなく、②タイヤにかかる荷重、③タイヤの回転速度、④タイヤのスリップ角、⑤タイヤのキャンバー角、⑥車両が加速中または制動中か否か、⑦車両がコーナリング中か否か、⑧タイヤの摩耗、等によっても変動する。

【0056】そこで、タイヤの空気圧低下を正確に検出するためには、上記②~⑧による動荷重半径の変動を除去するため、或る特定の条件下でタイヤの空気圧低下検出を禁止したり、あるいは、算出されたタイヤの回転角速度を補正する必要がある。以下、検出を禁止する場合、および、算出された回転角速度を補正する場合について、順次説明をする。

空気圧低下の検出を禁止する場合：以下の(1)~(6)の場合がある。

【0057】(1)車両がごく低速状態においては、図3に示す車輪速センサ1からは2値化に十分な交流電圧信号e<sub>1</sub>が得られない。したがって、車輪速センサ1の出力は正しく2値化されない場合がある。そこで、車両速度が予め定める一定速度以下の場合は、車輪速パルスの検出を禁止する。

【0058】車輪速パルスの検出禁止の具体的な方法としては、たとえば図7で説明した計測周期 $\Delta t$ において、カウントされるパルス数が予め定める規定値未満であれば、タイヤ空気圧低下検出を禁止する。さらに、好ましくは、或る計測周期 $\Delta t$ におけるパルス数と、次の計測周期 $\Delta t$ におけるパルス数との間に急激な増加または減少があった場合は、タイヤ空気圧低下検出を禁止する。なぜならば、一定の計測周期 $\Delta t$ 内での急激なパルス数の増加または減少は、たとえばタイヤのスリップ等によることが考えられるから、そのような場合に、そのデータを用いると誤判定が行われるおそれが高くなるからである。

【0059】さらに、上述の場合において、より好ましくは、与えられる車輪速パルスの発生周期を監視し、車輪速パルスの発生周期が規定値を越えた場合、そのパルスを含む計測周期 $\Delta t$ 内のパルス数に基づくタイヤ空気圧低下検出を禁止するようにする。車輪速パルスの発生周期が規定値を越える場合は、たとえばタイヤがスリップした等が考えられるからである。

【0060】(2)車両が急加速時は、タイヤが空転することがあり、タイヤ空転は誤検出の要因となる。そこで、車両の駆動輪と非駆動輪、たとえば前輪と後輪の回

15

転角速度の比をとり、その値が規定値を越えれば検出を禁止するようにする。この場合、駆動輪の回転角速度と非駆動輪の回転角速度との比は、それぞれ、駆動輪であるたとえば2つの前タイヤの回転角速度の平均値と、非駆動輪である2つの後タイヤの回転角速度の平均値を用いばよい。

【0061】(3) 車両が急なコーナリング中は、タイ\*

$$\frac{1}{R} = A \left| \frac{(F1+F3) - (F2+F4)}{(F1+F2+F3+F4)} \right| \dots (4)$$

【0063】ただし、F1、F2、F3、F4：前左タイヤ、前右タイヤ、後左タイヤ、後右タイヤの回転角速度、

A：車両によって決まる定数

つまり、車両が走行している道路が、ヘアピンカーブやスプーンカーブ等の比較的曲率半径の小さなカーブの場合には、タイヤ空気圧の低下検出を禁止するわけであ※

$$G = B \left| \{ (F1+F3) - (F2+F4) \} / (F1+F2+F3+F4) \right|$$

… (5)

但し、F1、F2、F3、F4：前左タイヤ、前右タイヤ、後左タイヤ、後右タイヤの回転角速度、

B：車両で決まる定数

なお、上述の式(5)に基づいて車両に生じる横Gを推測するのに代え、車両にGセンサを取り付け、当該Gセンサによって車両に生じる横Gを検出するようにしてもよい。

【0065】(5) 車両が直線走行状態からコーナリングに移るとき、またはコーナリング状態から直線走行に移るとき、つまりコーナリングの始めまたは終わりにおいては、車両の挙動が過渡状態となり、車両における荷重移動等が不定で、タイヤ空気圧低下検出の誤検出の要因となる。そこで、この車両の挙動が過渡状態になるコーナリングの始めおよび終わりには、検出を禁止する。検出を禁止するか否かの判断は、車両に生じる横Gの値(この値は、上述した式(5)で推測された値でもよいし、Gセンサによって測定されたものであってもよい。)の変化率が規定値を越えた場合に検出を禁止するようにする。

【0066】(6) 車両に備えられたABS、パーキングブレーキ、またはトラクションコントロール装置等が作動中は、車輪回転が通常の回転状態ではなく、タイヤのスリップが発生することがあり、DWSにとっては誤検出の要因となる。そこで、ABS、パーキングブレーキ、およびトラクションコントロール装置とDWSとをそれぞれ信号線で接続し、ABS、パーキングブレーキ、または、トラクションコントロール装置が作動中の場合は、DWSに作動中を知らせる信号が与えられるようにする。そしてDWSでは、いずれかの作動中を知らせる信号が与えられている場合は、検出処理を行わないようにする。

16

\*ヤに横滑り等が発生し、誤検出の要因となる。そこで、次式(4)により車両が走行している道路の曲率半径Rを推測し、この値Rが規定値を下回るときは、検出を禁止する。

【0062】

【数1】

※る。

【0064】(4) 車両がコーナリング中は、車両速度が速かったり、コーナリング半径が小さい場合は大きな横Gがかかり、タイヤの横滑りなどにより誤検出が発生することがある。そこで、次式(5)により、車両に生じる横Gを推測し、この値が規定値を上回るときは検出を禁止する。

【0067】上述した(1)～(5)それぞれの検出を禁止するか否かの判断基準となる各規定値は、予め定められ、不揮発性メモリ27(図4参照)に記憶されている。したがって、CPU24は、不揮発性メモリ27に記憶された規定値を読出し、この規定値と比較することにより、タイヤ空気圧の低下検出処理を行うか禁止するかを決定する。

回転角速度を補正する場合：以下の(1)および(2)の場合がある。

【0068】(1) 前述したように、タイヤの動荷重半径は、タイヤの空気圧の変化のみでなく、車両の走行速度によっても変化する。そこで、タイヤの動荷重半径と空気圧との関係を正確に抽出するためには、車両の走行速度ごとに、タイヤの動荷重半径に与える変動分を予め求めておき、タイヤの空気圧低下検出処理時に、この変動分を補正し、ひいてはタイヤの回転角速度を補正する必要がある。

【0069】車両の走行速度に対するタイヤの動荷重半径の変動分を $\Delta r$ とすれば、

$$\Delta r = f(v)$$

但し、f：車両によって決まる関数

v：車両の走行速度、

なお、これは4つの車輪の平均回転角速度で代用可能

今、空気圧の正常なタイヤの停止時の半径を $r_0$ とすれば、このタイヤの動荷重半径の変化は

$$(r_0 + \Delta r) / r_0 = 1 + \Delta r / r_0 = 1 + f(v) / r_0 = 1 + C f(v)$$

但し、C：定数

そこで、タイヤの回転角速度を $F_x$ ( $F_x = F1, F2, F3$ または $F4$ )とすると、

$$F_x \propto (1 / r_0)$$

の関係があり、

【0070】

【数2】

$$F_x' \propto \frac{1}{r_0 \cdot (1 + C f(v))}$$

【0071】が実際のタイヤの回転角速度となる。よって、回転角速度 $F_x$ は、

$$F_x = [1 + C f(v)] F_x'$$

と補正する。あるいは、タイヤの回転角速度の変化割合を、車両の代表的な速度ごと、たとえば、50 Km/h、100 Km/h、150 Km/h、に予め測定しておき、それらを検出された回転角速度の補正量として不揮発性メモリ27またはROMに記憶しておいてもよい。そして、車両の走行速度に応じて、いずれかの変化割合を不揮発性メモリ27から読出して、それによって検出された回転角速度を補正するようにしてもよい。

【0072】(2) 車両がコーナリング中においては、車両に生じる横Gにより、タイヤの動荷重半径が変動する。それゆえ、車両がコーナリング中には、タイヤの動荷重半径の変動によって回転角速度も変動するので、これを補正する必要がある。ところで、車両が直線走行状態か、コーナリング中かは、車輪速センサの出力に基づいて、次のようにして判別することができる。すなわち、前左右タイヤW1、W2および後左右タイヤW3、W4の回転角速度の差または比が、両方とも或る規定値を同符号で越えた場合は、車両はコーナリング中であると判断することができる。そして、それ以外の場合は、車両は直線走行状態であると判断することができる。そして、車両がコーナリング中であると判断された場合は、以下の補正が行われる。このように、車輪速センサの出力に基づいて車両が直線走行状態かコーナリング中かを判別するようにすると、このDWSにおいてハンドル蛇角センサを設けなくてよく、より安価にかつ簡易な構成とすることができる。

【0073】今、図12において、車両に横Gがかかると、車両には、ロール中心を中心に回転モーメントが発生し、これに比例した力が各タイヤW1、W3、W2、W4に作用する。タイヤの動荷重半径は、前述したように荷重の影響を受け、荷重に比例して変動する。それゆえ、車両がコーナリング中においては、その変動分は横Gの関数として表現できる。この変動分を $\Delta r$ とし、初期のタイヤ半径を $r_0$ とすると、タイヤの動荷重半径の変化分は、

$(r_0 + \Delta r) / r_0 = 1 + \Delta r / r_0 = 1 + f(G)$   
但し、 $f$ ：車両によって決まる関数であり、各タイヤごとに決まる。

【0074】よって、車両がコーナリング中は、各タイヤに対し、回転角速度 $F_x$  ( $F_x = F_1, F_2, F_3$  ま

たは $F_4$ ) とすれば、 $F_x' = F_x \times (1 + f(G))$  とすることで、回転角速度を補正することができる。なお、上述の補正係数 $f(G)$ は連続的な関数として表現されてもよく、あるいは、代表的な $G$ の値ごとに測定しておき、補正係数として不揮発性メモリ27に記憶されていてもよい。

【0075】以上のようにして算出されたタイヤの回転角速度に補正を施すと、車両が加速もしくは減速中に検出されたタイヤの回転角速度であっても、あるいは車両がコーナリング中に検出された回転角速度であっても、それらタイヤの回転角速度を補正したものをを用いてタイヤの空気圧低下検出を行うことができる。よって、タイヤの空気圧低下検出を行うことのできない状態を減らすことができ、道路状況等によって長期間にわたりタイヤの空気圧低下検出を行えない状態を回避することができる。

【0076】次に、図4に示すCPU24によって行われる減圧タイヤ判別制御について、フローチャートを参照しながら説明をする。図13は減圧タイヤの判別処理の前に必要な初期化処理ルーチンを示すフローチャートである。初期化処理は、以下の理由で必要な処理である。車両の4つのタイヤW1、W2、W3、W4の空気圧がすべて正常であったとしても、車両の重量配分による各タイヤにかかる荷重の差、タイヤの摩耗、タイヤの製造ばらつき等により、4つのタイヤの動荷重半径はすべて同一であるとは限らない。それゆえ、この4つのタイヤの動荷重半径の初期ばらつきを初期化によって補正することが、その後の正確なタイヤ空気圧低下検出において欠かせない。

【0077】図13を参照して、初期化処理は、初期化スイッチ15 (図1、図4参照) が操作されたことに基づいて開始される (ステップS41)。そして初期化スイッチ15のオンが判別されると、CPU24は不揮発性メモリ27に初期化フラグを書込む (ステップS42)。この初期化フラグを不揮発性メモリ27に書込むのは、初期化処理中にDWSの電源がオフされた場合、補正係数が正しく求められないことがある。そしてもしこの正しくなく補正係数が用いられると、DWSは誤検出をするおそれがある。そこで、初期化フラグを不揮発性メモリ27に書込むことにより、不揮発性メモリ27の内容を保証しようとするものである。

【0078】次いで、表示器22における4つのタイヤの表示素子W1~W4 (図4参照) を点滅させ、初期化処理中であることをドライバに知らせる (ステップS43)。この初期化スイッチ15が押された後、車両はドライバによって直線走行で、かつほぼ一定速度で走行される。CPU24は、車輪速センサからの車輪速パルスに基づいて、車両が直線走行で、かつ一定速度で走行しているか否かが判別される (ステップS44)。直線走行か否かは、前述したように、前左右タイヤW1、W

2、後左右タイヤW3、W4の回転角速度の差または比が、両方とも或る規定値を同符号で越えていない場合に、車両は直線走行中であると判別される。

【0079】また、車両が一定速度走行か否かは、4つの車輪速センサから与えられる車輪速パルスの平均値の変化率が、或る規定値内にある場合に車両は一定速度走行中であると判別される。そしてこの場合に、4つのタイヤの各回転角速度F1、F2、F3、F4が検出される。また、任意の1つのタイヤの回転角速度、たとえばF1を基準値とし、この基準値F1に対する他のタイヤの回転角速度の比をそれぞれ求め、それを各タイヤに対する補正係数とする。すなわち、タイヤW2については、補正係数 $C2 = F2 / F1$ 、タイヤW3については補正係数 $C3 = F3 / F1$ 、タイヤW4については、補正係数 $C4 = F4 / F1$ 、とする(ステップS45)。

【0080】そしてこの求められた補正係数C2、C3、C4は、不揮発性メモリ27に記憶される(ステップS46)。一方、不揮発性メモリ27に書込まれた初期化フラグが消去され(ステップS47)、表示器22のタイヤ表示ランプが消灯され(ステップS48)、この処理は終了する。初期化処理が終わった後、DWSが動作されるとき、すなわち車両のイグニッションキーがオンされたとき、CPU24は不揮発性メモリ27に初期化フラグが書込まれているか否かを判別して、もし初期化フラグが書込まれている場合は、再度の初期化を要求するようにたとえば表示器22にその要求を表示させることになる。あるいはブザー等で報知してもよい。

【0081】次に、図14に示すフローチャートを参照して、減圧タイヤの判定処理について説明をする。まず、図4で説明したABS用制御ユニットの2値化回路14から与えられる車輪速パルスが読取られる(ステップS51)。そして、この読取られた車輪速パルスが、パルス読取禁止条件か否か(前述した空気圧低下の検出を禁止する場合の(1)のときか否か)が判別され(ステップS52)、パルス読取禁止条件である場合は、その後の処理は行われない。

【0082】パルス読取禁止条件でない場合は、各タイヤの回転角速度F1、F2、F3、F4が算出される(ステップS53)。そして算出された回転角速度F1～F4に基づいて、車両が上述した検出禁止条件(前述した空気圧低下の検出を禁止する場合の(2)～(6))になっているか否かの判別がされる(ステップS54)。もし車両が検出禁止条件の場合は、その後の処理は行われない。

【0083】車両が検出禁止条件でない場合には、さらに、回転角速度F1～F4の補正が必要か否かが判別される(ステップS55)。補正は、前述したように車両の走行速度およびコーナリング中か否かによって変わってくるが、補正が必要である場合は算出された各タイヤの回転角速度F1～F4の補正がされる(ステップS

6)。

【0084】そして、補正後の回転角速度F1～F4に基づいて、前述した対角線上にある1対のタイヤの回転角速度の和、たとえばF1+F4と、他の対角線上にあるもう1対のタイヤの回転角速度の和F2+F3との比dFをとった上記判定式(3)に基づいて、前述したとおりの空気圧低下タイヤの有無が判定され、かつ、空気圧の低下したタイヤの特定がされる(ステップS57)。

【0085】上述の実施例においては、ABSに備えられている車輪速センサ1の出力パルスを利用してタイヤW1～W4の回転角速度を算出するようにしたが、ABSが備えられていない車両に対しては、DWS専用の車輪速センサを取り付けるようにしたものであってもよい。

【0086】

【発明の効果】請求項1ないし3記載の発明によれば、4つのタイヤの各回転角速度に基づいて、いずれかのタイヤに空気圧低下が生じているか否かを正確に検出することができ、しかも、誤検出を生じる可能性のあるときは検出が行われない。また、請求項2または3記載の発明によれば、タイヤの空気圧低下が生じたときはドライバにそれを速やかに知らせることができる。また、請求項3記載の発明によれば、表示手段またはタイヤ空気圧低下検出装置が正常に動作していることをドライバがイグニッションスイッチをオンする度に確認することができる。

【0087】それゆえ、正確な検出ができる装置とすることができ、しかも検出にはタイヤの回転角速度を用いるため、装置を安価に構成することができる。また、回転角速度が正確に検出できないような状態のときには、その正確でない可能性のある回転角速度に基づいてはタイヤ空気圧低下検出処理を行わないようにしたので、信頼性のある検出結果のみを出力することができるタイヤ空気圧低下検出装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例にかかるタイヤ空気圧低下検出装置(DWS)および従来公知のABSが搭載された車両の概要を示す図である。

【図2】車輪速センサの取付構造の一例を示す斜視図である。

【図3】車輪速センサによる回転検出原理を説明するための図解図である。

【図4】この発明の一実施例にかかるDWSの電気的な構成を示すブロック図である。

【図5】この発明の他の実施例にかかるDWSの電気的な構成を示す回路ブロック図である。

【図6】この発明のさらに他の実施例にかかるDWSの回路構成例を示すブロック図である。

【図7】CPU24に入力される車輪速パルスと、計測

21

周期との関係を表わす図である。

【図8】タイヤの回転角速度算出処理手順を示すフローチャートである。

【図9】タイヤの回転角速度算出処理の他の処理方法を説明するためのタイミング図である。

【図10】図9で説明した回転角速度の算出を行うときの処理手順を表わすフローチャートである。

【図11】四輪車両のタイヤの配列図である。

【図12】車両に横Gがかかったときの各タイヤに作用する力を説明するための図解図である。

【図13】減圧タイヤの判定処理の前に必要な初期化処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図14】減圧タイヤの判定処理を表わすフローチャートである。

【図15】タイヤの動荷重半径に対する空気圧の影響を表わすグラフである。

【図16】タイヤの動荷重半径に対する荷重の影響を表わすグラフである。

22

【図17】タイヤの動荷重半径に対する速度の影響を表わすグラフである。

【図18】タイヤの動荷重半径に対するスリップ角およびキャンバー角の影響を表わす図である。

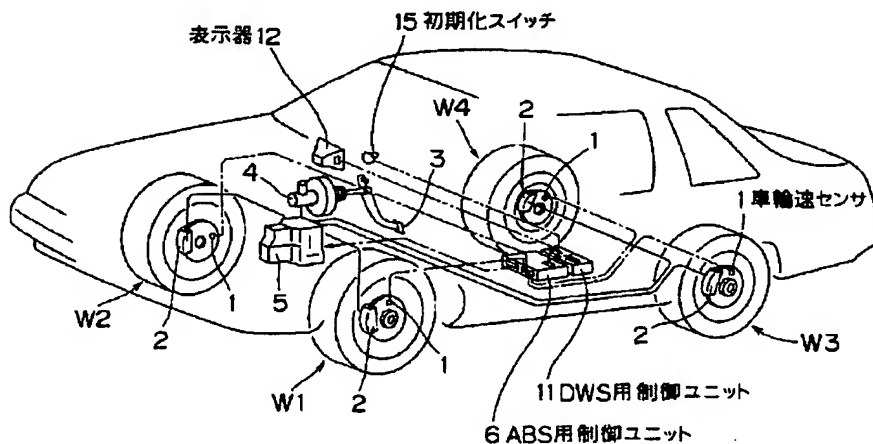
【図19】タイヤの動荷重半径に対する車両の駆動または制動の影響を表わすグラフである。

【図20】タイヤの動荷重半径とタイヤの摩耗との関係を表わすグラフである。

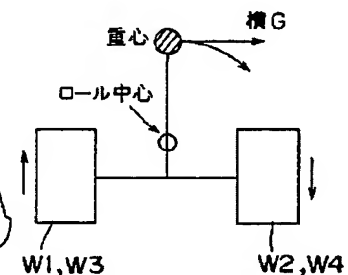
【符号の説明】

- 10 1 車輪速センサ  
10 センサロータ  
15 初期化スイッチ  
21 DWS用制御ユニット  
22 表示器  
24 CPU  
27 不揮発性メモリ  
W1, W2, W3, W4 タイヤ  
F1, F2, F3, F4,  $\omega$  タイヤの回転角速度

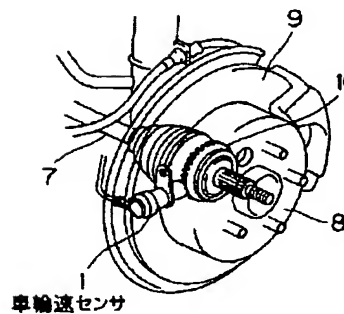
【図1】



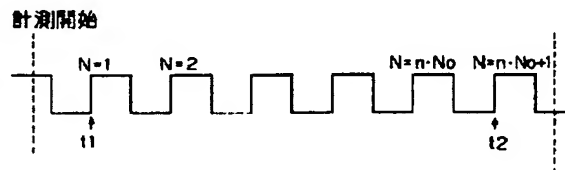
【図12】



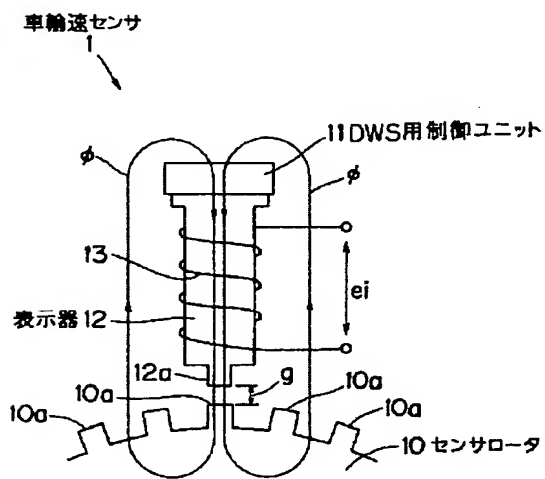
【図2】



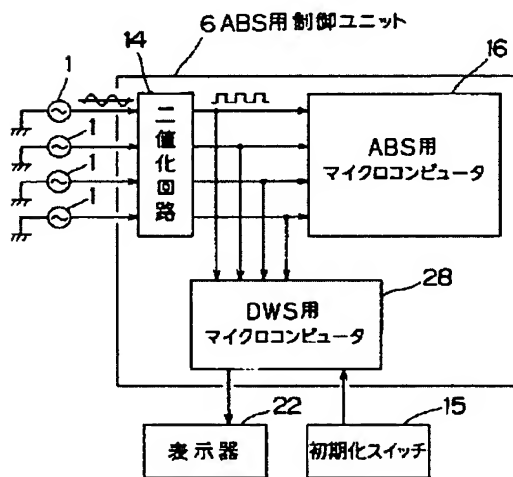
【図9】



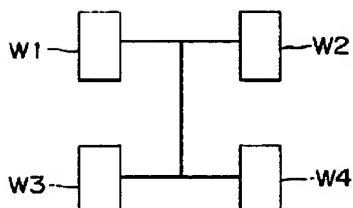
【図3】



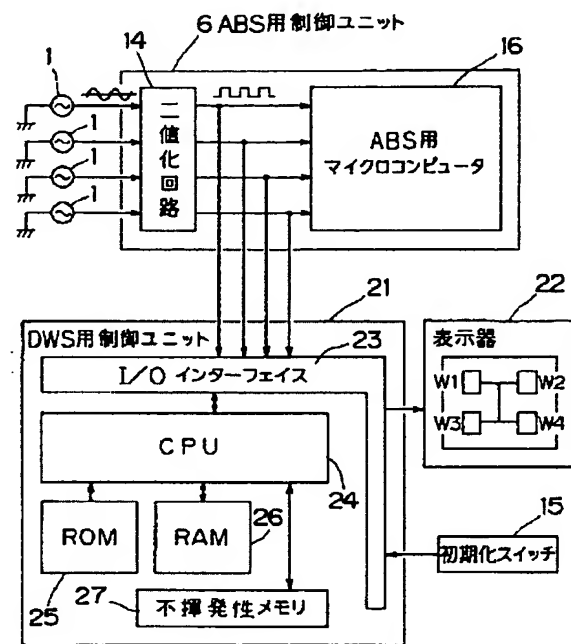
【図5】



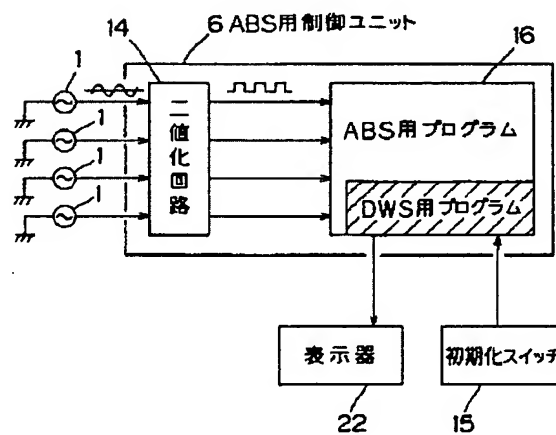
【図11】



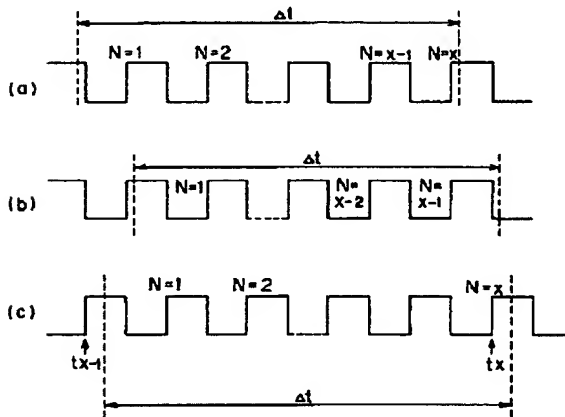
【図4】



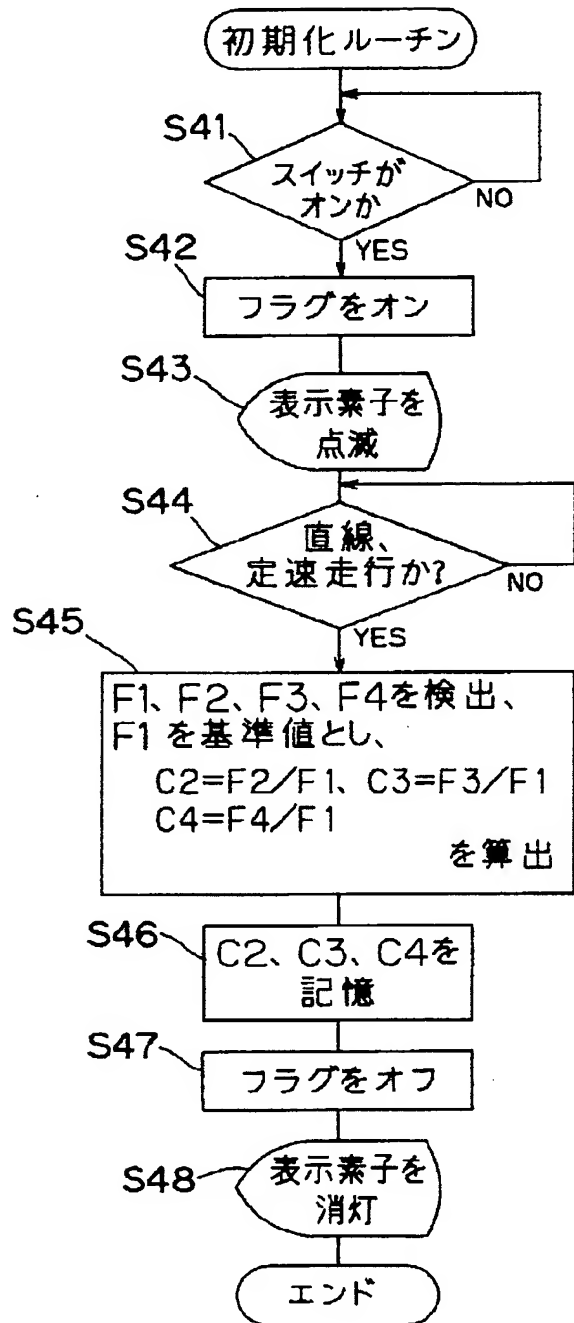
【図6】



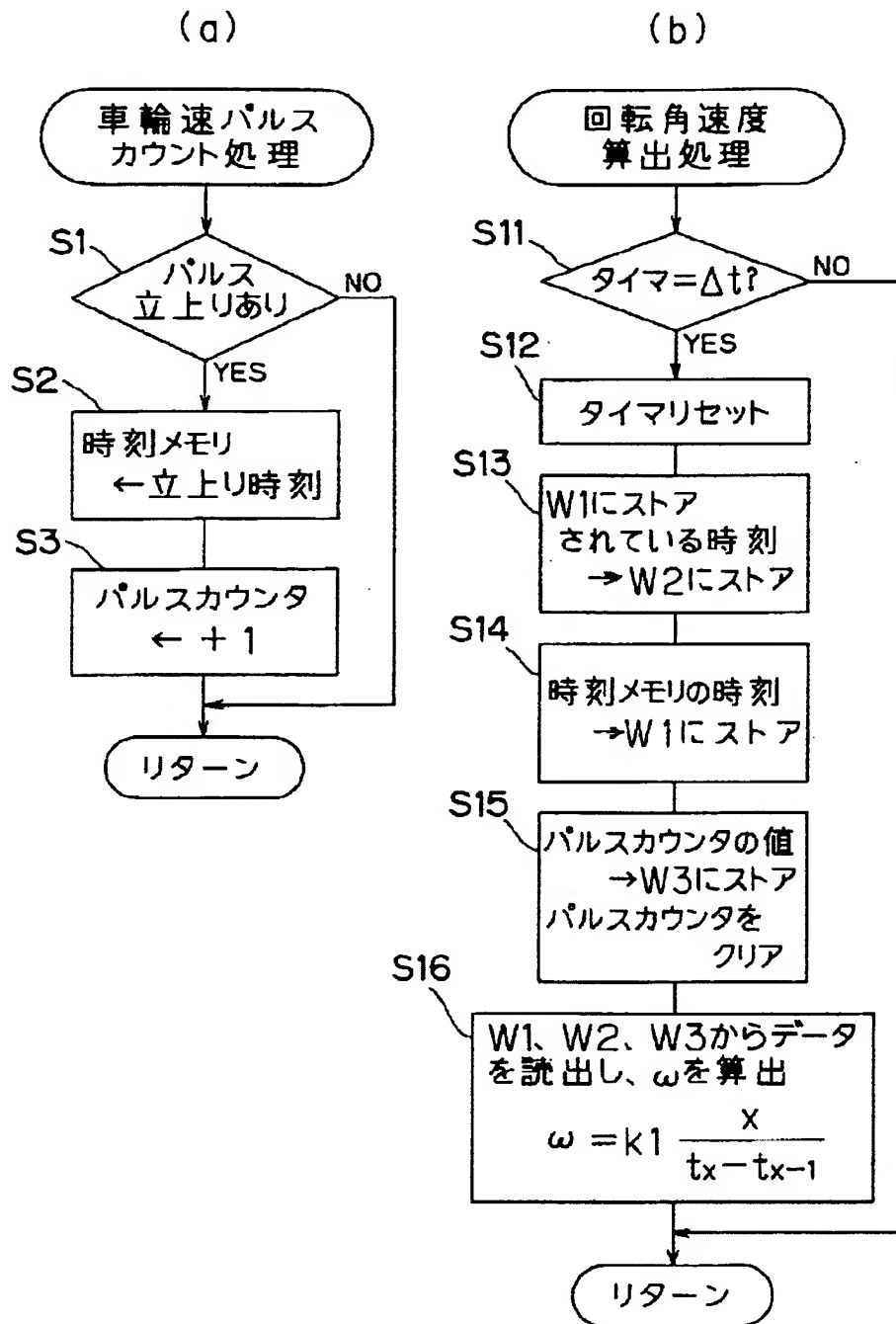
【図7】



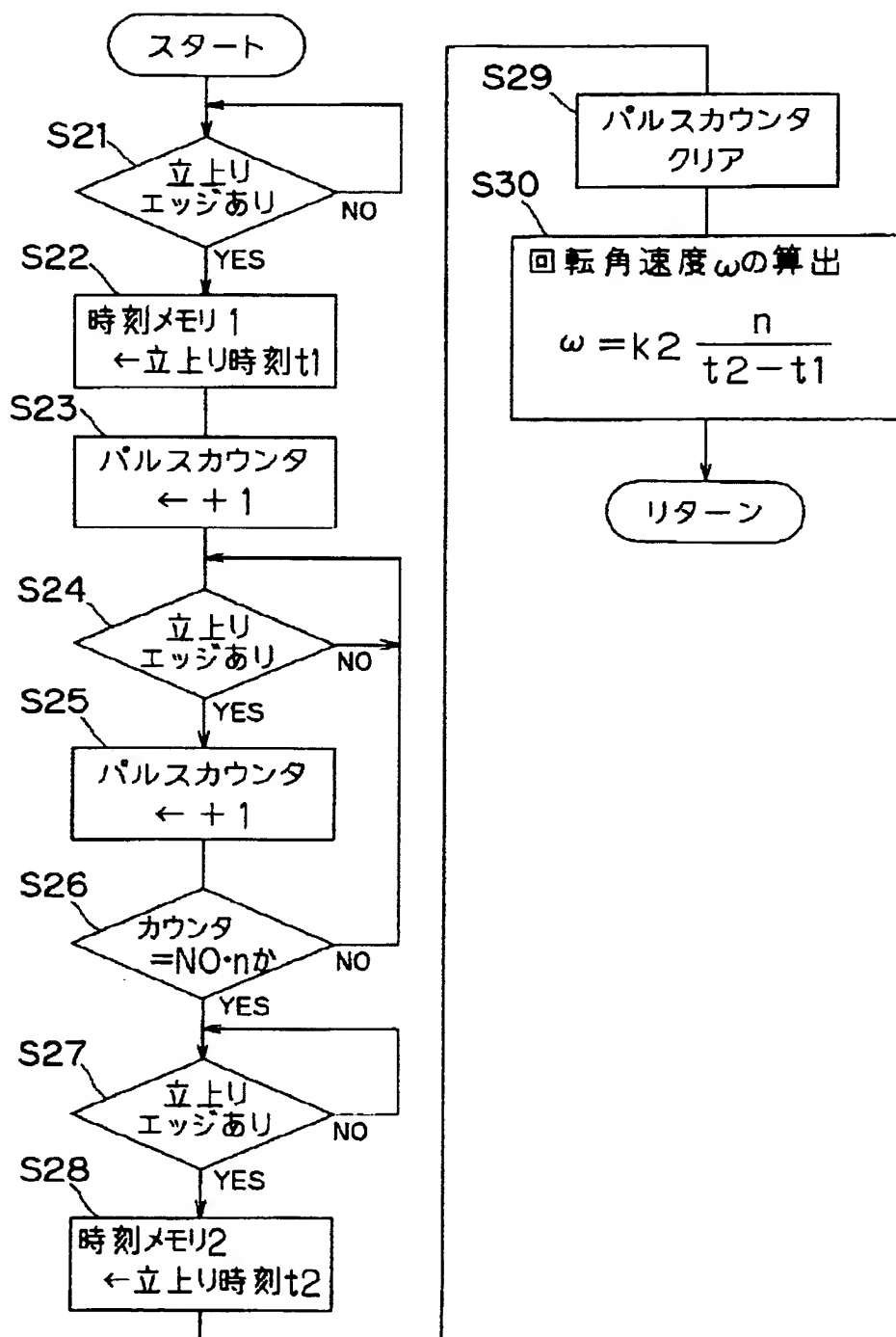
【図13】



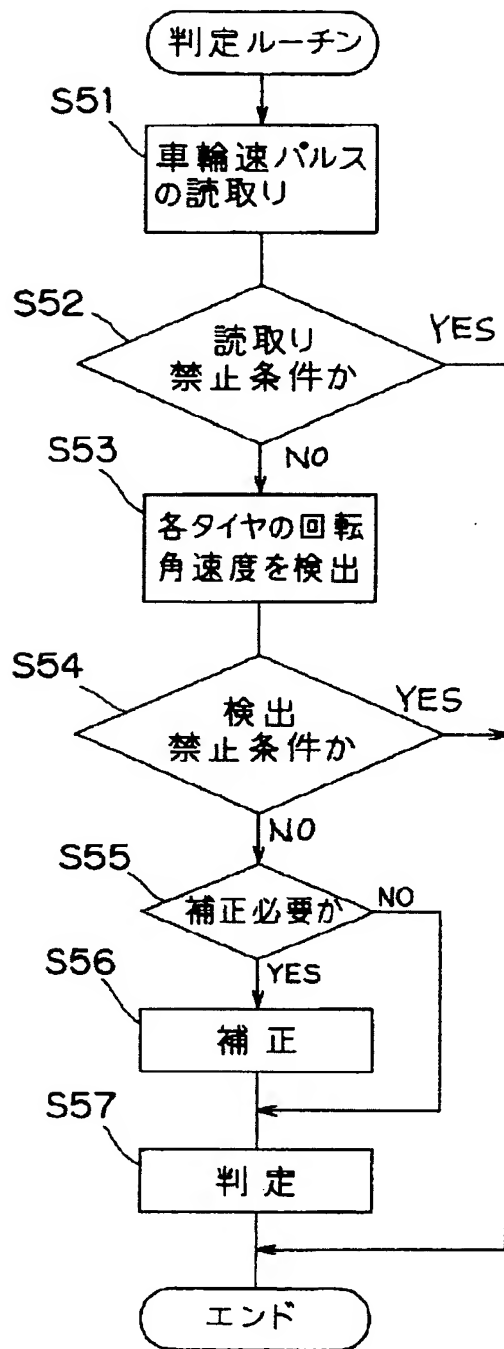
【図8】



【図10】

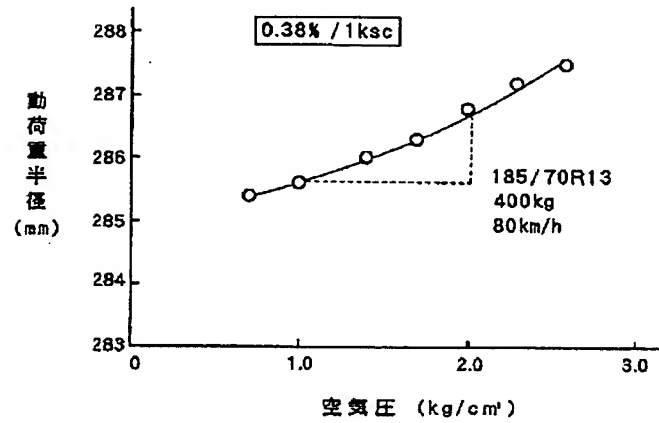


【図14】



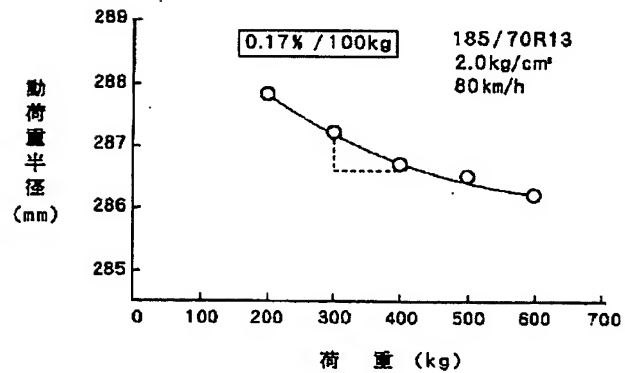
【図15】

## 動荷重半径（空気圧の影響）



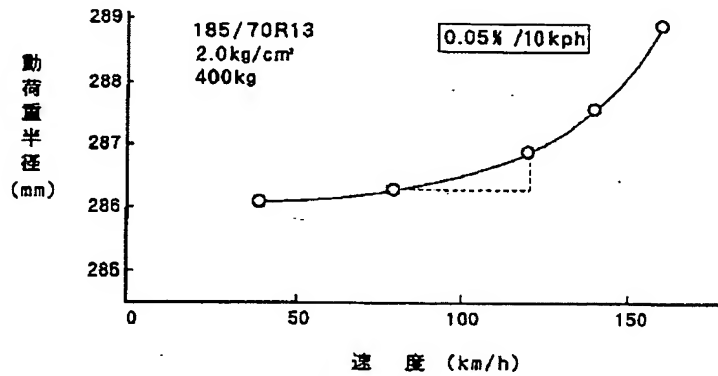
【図16】

## 動荷重半径（荷重の影響）



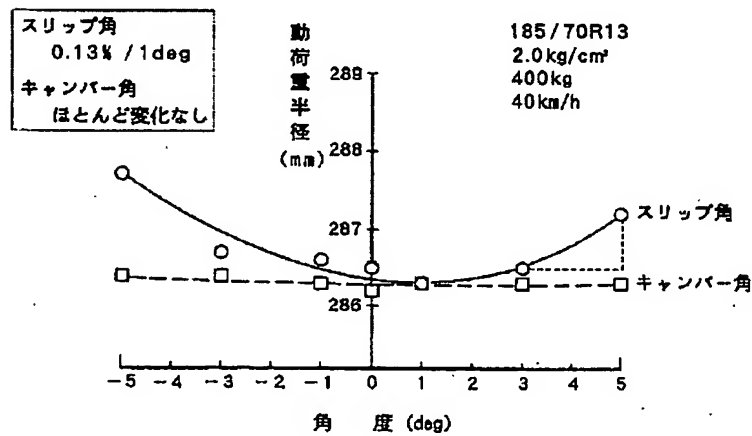
【図17】

### 動荷重半径 (速度の影響)



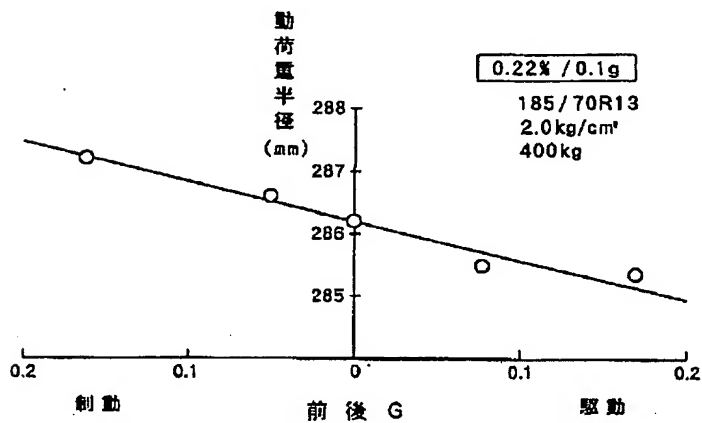
【図18】

### 動荷重半径 (スリップ角、キャンバー角の影響)



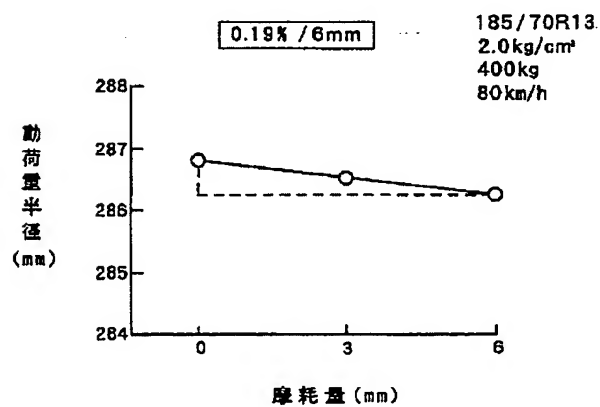
【図19】

### 動荷重半径（駆動・制動の影響）



【図20】

### 動荷重半径（摩耗の影響）



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第2部門第5区分  
 【発行日】平成9年（1997）6月10日

【公開番号】特開平6-92114  
 【公開日】平成6年（1994）4月5日  
 【年通号数】公開特許公報6-922  
 【出願番号】特願平4-246848  
 【国際特許分類第6版】

B60C 23/06

【F1】

B60C 23/06 A 7504-3B

【手続補正書】

【提出日】平成8年9月4日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】4つのタイヤを有する四輪車両のためのタイヤ空気圧低下検出装置であって、4つのタイヤのそれぞれに対応して設けられた各タイヤの回転角速度を検出するための回転角速度検出手段、  
 上記四輪車両がタイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態か否かを判別する判別手段、  
 上記判別手段が上記検出に適しない状態と判別しているときには検出のための演算は行わず、上記検出に適しない状態と判別していない場合には、上記回転角速度検出手段で検出される4つのタイヤの回転角速度を比較することにより、タイヤに空気圧低下が生じているか否かを検出する減圧タイヤ検出手段、を含むことを特徴とするタイヤ空気圧低下検出装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項6

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項6】請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、  
 上記タイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態とは、

- （1）四輪車両が所定速度以下の低速状態のとき、
- （2）四輪車両が予め定める割合以上で急加速または急減速しているとき、
- （3）四輪車両が予め定める曲率半径よりも小さな半径の道路をコーナリングしているとき、
- （4）四輪車両に予め定める値以上の横Gが発生しているとき、
- （5）四輪車両が直線走行状態からコーナリングに移る

とき、もしくはコーナリング状態から直線走行状態に移るときであって、それにより生じる横Gの値の変化率が予め定める規定値を越えているとき、または、

（6）四輪車両に備えられた特定の装置が作動しているとき、の各条件の一部または全てを含むことを特徴とするものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正内容】

【0013】請求項1記載の発明は、4つのタイヤを有する四輪車両のためのタイヤ空気圧低下検出装置であって、4つのタイヤのそれぞれに対応して設けられた各タイヤの回転角速度を検出するための回転角速度検出手段、  
 上記四輪車両がタイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態か否かを判別する判別手段、上記判別手段が上記検出に適しない状態と判別しているときには検出のための演算は行わず、上記検出に適しない状態と判別していない場合には、上記回転角速度検出手段で検出される4つのタイヤの回転角速度を比較することにより、タイヤに空気圧低下が生じているか否かを検出する減圧タイヤ検出手段、を含むことを特徴とするものである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】請求項6記載の発明は、請求項1、2、3、4または5記載のタイヤ空気圧低下検出装置において、上記タイヤ空気圧低下検出に適しない予め定める状態とは、

- （1）四輪車両が所定速度以下の低速状態のとき、
- （2）四輪車両が予め定める割合以上で急加速または急減速しているとき、
- （3）四輪車両が予め定める曲率半径よりも小さな半径

の道路をコーナリングしているとき、

(4) 四輪車両に予め定める値以上の横Gが発生しているとき、

(5) 四輪車両が直線走行状態からコーナリングに移るとき、もしくはコーナリング状態から直線走行状態に移るときであって、それにより生じる横Gの値の変化率が予め定める規定値を越えているとき、または、

(6) 四輪車両に備えられた特定の装置が作動しているとき、各条件の一部または全てを含むことを特徴とするものである。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】次いで、表示器22における4つのタイヤの表示素子W1～W4（図4参照）を点滅させ、初期化処理中であることをドライバに知らせる（ステップS43）。この初期化スイッチ15が押された後、車両はドライバによって直線走行で、かつほぼ一定速度で走行される。CPU24は、車輪速センサからの車輪速パルスに基づいて、車両が直線走行で、かつ一定速度で走行しているか否かが判別される（ステップS44）。直線走行か否かは、前述したように、前左右タイヤW1、W2、後左右タイヤW3、W4の回転角速度の差または比が、両方とも或る規定値を越えていない場合に、車両は直線走行中であると判別される。